

**HEC MONTRÉAL**

**Analyse de l'impact économique de la recherche et développement au Canada**

**par**

**Jonathan Leblanc**

*M. Sc. ès gestion  
(Économie appliquée)*

*Mémoire présenté en vue de l'obtention  
du grade de maîtrise ès sciences  
(M. Sc.)*

Janvier 2013  
© Jonathan Leblanc, 2013

## Sommaire

Ce mémoire propose une analyse économétrique de l'impact économique des dépenses faites en recherche et développement. Celui-ci étudie la période de 1981 à 2009 et s'inspire de la littérature concernant les déterminants de la croissance et de la productivité.

Cette étude utilise successivement deux concepts. Le premier concept se réfère au ratio du produit intérieur brut par individus âgés de 15 à 64 ans. Le deuxième concept, quant à lui, se réfère à la productivité par heure travaillée. De plus, chacun des concepts a été examiné à deux niveaux : international et interprovincial. En ce qui concerne le niveau international, un panel de seize pays développés a été choisi. Les résultats de l'analyse de ceux-ci ont été utilisés comme base de comparaison avec le panel interprovincial, qui lui, comprenait les dix provinces du Canada. La construction des quatre modèles en panels dynamiques utilisés dans ce mémoire se réfère à ceux d'Acharya et Coulombe (2005) et ont été estimés selon trois méthodes économétriques; essentiellement par système d'équations en apparence non reliées, par moindres carrés généralisés faisables et par doubles moindres carrés. Ces modèles incluent trois variables de dépenses en recherche et développement (R&D) pertinentes, notamment celles du gouvernement, des hautes études; c'est-à-dire toutes institutions postsecondaires, et des entreprises. Cette dernière s'impose comme la variable d'intérêt de ce mémoire puisqu'elle représente plus de 60% des dépenses totales en R&D.

Les résultats qui découlent de l'estimation des modèles internationaux s'apparentent à ceux d'Acharya et Coulombe (2005). Par contre, au niveau interprovincial, l'analyse démontre que les dépenses en R&D des entreprises auraient un impact négatif sur la croissance de la productivité. Finalement, nous pouvons émettre l'hypothèse que l'aide de l'État à la R&D des entreprises est trop importante au Canada et qu'il pourrait y avoir des gains de productivité si une partie de l'aide financière était transférée des méthodes indirectes vers des méthodes plutôt directes.

# TABLE DES MATIÈRES

Sommaire	ii
Table des matières	iv
Liste des graphiques	vi
Liste des tableaux	vi
Remerciements	vii
<b>CHAPITRE 1. INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 2. REVUE DE LA LITTÉRATURE</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Productivité et croissance de l'économie</b>	<b>4</b>
2.1.1 Productivité totale des facteurs	4
2.1.2 Productivité du travail	5
<b>2.2 Choc technologique</b>	<b>6</b>
2.2.1 Définition de l'innovation	6
2.2.2 Indicateurs et modèles de l'innovation	8
<b>2.3 Recherche et développement</b>	<b>12</b>
2.3.1 Recherche et développement domestiques	12
2.3.2 Recherche et développement des entreprises étrangères	14
<b>2.4 Modèle macroéconomique de l'analyse de la productivité</b>	<b>15</b>
2.4.1 Influences importantes	16
2.4.2 Acharya et Coulombe (2005)	17
<b>CHAPITRE 3. STATISTIQUES DESCRIPTIVES ET MODÉLISATION</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Variables dépendantes</b>	<b>21</b>
3.1.1 PIB par travailleur potentiel	22
3.1.2 Productivité par heure travaillée	23
<b>3.2 Variables explicatives</b>	<b>25</b>
3.2.1 Recherche et développement des entreprises domestiques	26
3.2.2 Recherche et développement du gouvernement	28
3.2.3 Recherche et développement des hautes études	30
3.2.4 Recherche et développement des entreprises étrangères	31
<b>3.3 Variables de contrôle</b>	<b>33</b>
3.3.1 Cycle économique	33
3.3.2 Ouverture économique	35
3.3.3 Investissement	37
3.3.4 Croissance de la population	38
<b>3.4 Modélisation</b>	<b>40</b>
3.4.3 Spécifications des modèles	40
3.4.4 Méthodes d'estimation	45

<b>CHAPITRE 4. RÉSULTATS</b>	<b>49</b>
4.1 Analyse des modèles internationaux	49
4.2 Analyse des modèles interprovinciaux	54
4.3 Mise en contexte des dépenses en R&D des entreprises provinciales	59
<b>CHAPITRE 5. CONCLUSION</b>	<b>64</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>74</b>

## LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 3.1 – Évolution du PIB réel par individus de 15 à 64 ans (\$ Canadien de 2002) .....	22
Graphique 3.2 – Évolution du PIB réel par heure travaillée (\$ Canadien de 2002 / heure) .....	24
Graphique 3.3 – Ratio des dépenses totales en R&D et du PIB réel (%) .....	26
Graphique 3.4 – Ratio des dépenses en R&D exécutées par les entreprises et du PIB réel (%) .....	27
Graphique 3.5 – Ratio des dépenses en R&D exécutées par les gouvernements et du PIB réel (%) .	29
Graphique 3.6 – Ratio des dépenses en R&D exécutées par les hautes études et du PIB réel (%) ...	31
Graphique 3.7 – Évolution des dépenses en R&D exécutées par les entreprises étrangères (ln) .....	33
Graphique 3.8 – Évolution des cycles économiques ( $\Delta$ log naturel) .....	35
Graphique 3.9 – Évolution de l'ouverture économique international (%) .....	36
Graphique 3.10 – Évolution de l'investissement en proportion du PIB réel (%) .....	38
Graphique 3.11 – Croissance de la population des 15-64 ans (%) .....	39

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1 – Classement selon la productivité par heure travaillée (\$ Canadien de 2002).....	25
Tableau 3.2 – Classement selon l'intensité des dépenses en R&D exécutées par les entreprises (%)..	28
Tableau 4.1 – Sommaire des résultats concernant les modèles internationaux.....	50
Tableau 4.2 – Sommaire des résultats concernant les modèles interprovinciaux.....	55
Tableau 4.3 – Sommaire de l'aide directe et de l'aide indirecte en R&D faites aux entreprises du Québec (\$ millions et %).....	61

## **Remerciements**

Je voudrais prendre le temps de remercier tous ceux qui m'ont appuyé et soutenu tout au long de mes études à la maîtrise.

Un grand merci à Audrey Maclean qui m'a soutenue et motivée durant toutes ces années à la maîtrise, et sans qui ce mémoire aurait été nettement plus difficile. De plus, je remercie mes parents et mon frère pour leur soutien moral dans ce long processus.

Je voudrais aussi remercier Michelle Morin-Asselin qui a été d'une aide incroyable en ce qui concerne la qualité de la langue, ainsi que Jonathan Deslauriers pour son aide lors de ma recherche de données.

Je suis particulièrement reconnaissant envers le Pr. Robert Gagné qui m'a appuyé tout au long de mon mémoire et qui a financé en grande partie les heures de travail consacrées à celui-ci.

# Chapitre 1. Introduction

Comme Peter Drucker l'a si bien dit dans son livre *Innovation and Entrepreneurship* en 1985, l'innovation est au cœur de l'entrepreneurship des entreprises. En effet, au fil des ans, l'ouverture des marchés a forcé les entreprises à innover davantage, et ce, plus rapidement. Cette nécessité d'innover est apparue principalement à cause de l'augmentation de la concurrence entre les différentes entreprises, et ce, au niveau mondial. Auparavant, les entreprises québécoises et canadiennes faisaient surtout face à de la concurrence locale, régionale ou nationale, mais l'accroissement de la rapidité des échanges commerciaux a augmenté la sphère de concurrence réelle pour ces entrepreneurs. Au cours des vingt dernières années, le nombre de concurrents aux entreprises québécoises a augmenté de façon très prononcée. Ces concurrents peuvent être situés en Chine, en Inde, en Allemagne ou au Mexique et malgré tout rester concurrentiels dans le marché québécois. Les entreprises québécoises ont donc dû se démarquer par la créativité et l'innovation. Nous pouvons notamment mentionner la compagnie Premier Tech, qui a percé plusieurs marchés grâce à ses investissements en recherche et développement (R&D). Cette augmentation de la cadence d'innovation des entreprises québécoises et étrangères a suscité plusieurs interrogations chez les économistes. Ces derniers se sont questionnés sur l'impact réel qu'a l'innovation sur l'activité économique et plusieurs autres concepts, dont la productivité de la main-d'œuvre et la croissance économique.

Le rapport *La performance québécoise en innovation* (2011) du Centre sur la productivité et la prospérité (CPP) compare certaines composantes de l'innovation du Québec et de l'Ontario à celles de plus de 20 pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE). Ces deux provinces ont été introduites dans une grille regroupant les différents pays classés en ordre décroissant de dépenses en recherche et développement en proportion du produit intérieur brut (PIB). D'après ce rapport, l'intensité de la R&D du Québec serait passée du 7<sup>e</sup> rang en 1993 au 8<sup>e</sup> rang en 2008. La même situation s'est produite en Ontario et au

Canada, puisqu'ils sont respectivement passés du 10<sup>e</sup> au 11<sup>e</sup> rang et du 13<sup>e</sup> au 14<sup>e</sup> rang au cours de la même période. Malgré cette diminution de rang, il n'en reste pas moins que le Québec se positionne bien en ce qui concerne le financement de la R&D. Par contre, la situation est différente lorsque nous regardons son rang relatif à la productivité du travail. Selon le *Bilan 2010* du CPP, le Québec aurait eu une croissance de la productivité du travail de 22,5 % entre 1984 et 2006, comparativement à 28,5 % pour l'Ontario et à 26,7 % pour le Canada durant la même période. Cette croissance positionnerait le Québec, en 2009, entre le 19<sup>e</sup> et le 20<sup>e</sup> rang du tableau regroupant les mêmes pays classés en ordre décroissant de productivité du travail, soit bien loin de sa position par rapport à son financement en R&D. De plus, le Conference Board du Canada a donné, en février 2010, la note « D » au Canada pour ses performances en innovation. Celui-ci considère que le Canada pourrait faire mieux à presque tous les niveaux, que ce soit celui de la publication d'articles scientifiques ou de l'émission de brevets. Ces indicateurs lui permettent donc de croire que le Canada performe sous sa capacité d'innover. Considérant que l'innovation est reconnue comme un facteur crucial de la croissance de la productivité de la main-d'œuvre, si celle-ci occasionne quelques ratés au Canada, il va sans dire que la croissance de la productivité de la main-d'œuvre en souffrira à son tour. Ainsi, les composantes de l'innovation n'offriraient pas des performances à la hauteur de leur financement.

Suite au constat que nous pouvons faire des deux rapports mentionnés plus haut, ce mémoire fera une analyse approfondie de la question de l'impact de l'innovation sur la productivité de la main-d'œuvre par le biais d'une des mesures les plus fréquemment utilisées pour l'analyser, soit les dépenses en recherche et développement. Cette analyse se basera sur des recherches antérieures axées sur l'impact de la R&D sur la productivité du travail au niveau mondial afin que nous soyons capable de bâtir des modèles économétriques qui permettront de comparer l'effet des dépenses en R&D à l'échelon interprovincial. Les différents modèles économétriques pourront, en premier lieu, créer une base de comparaison avec les modèles antérieurs afin d'en arriver à produire un modèle de comparaison

international, où 16 pays de l'OCDE seront inclus à un modèle interprovincial dans lequel seulement les dix provinces canadiennes seront présentes. En deuxième lieu, nous pourrons ainsi analyser si l'impact des dépenses en recherche et développement sur la productivité de la main-d'œuvre est le même qu'au niveau international. Ce type d'analyse a rarement été mené au niveau provincial; il s'agit donc d'un ajout important à la littérature économique québécoise et canadienne, puisqu'il est de l'intérêt économique du Québec et du Canada de répondre à cette question.

Ce mémoire sera divisé en trois parties. La prochaine section, Revue de la littérature, fera état des différents modèles économétriques et des concepts antérieurs sur lesquels se basera notre analyse. La section subséquente, Statistiques descriptives et modélisation, présentera chacune des variables utilisées et/ou le développement des nouveaux modèles internationaux et interprovinciaux sera expliqué. S'ensuivra la dernière section, Résultats, où une description des méthodes d'estimations utilisées et une présentation des différents résultats comprenant une mise en contexte des dépenses provinciales des entreprises en R&D sera faite.

## Chapitre 2. Revue de la littérature

### 2.1 Productivité et croissance de l'économie

La croissance de l'économie est depuis longtemps un sujet d'analyse pour les économistes. Nous pouvons retourner au livre, *La richesse des nations*, d'Adam Smith, pour voir à quel point les origines de cette croissance soulevaient des questions. L'effervescence qui entourait les débats sur ses déterminants a contribué à développer, au fil du temps, une nouvelle littérature sur l'innovation et son incidence sur l'économie. Pour ce qui est de la théorie économique moderne, plusieurs auteurs ont tenté de modéliser la productivité ou la richesse par habitant par des facteurs qui contribuent à la croissance de l'économie. Une brève incursion dans l'école de la productivité totale des facteurs est nécessaire pour bien comprendre l'origine de cette littérature relative à la productivité du travail.

#### 2.1.1 Productivité totale des facteurs

Un des modèles fondateurs de la théorie de la croissance économique est celui de Solow (1956). En effet, d'après la fonction de production de type Cobb-Douglass, Solow (1956) modélise la production totale du pays selon deux facteurs, soit le capital et le travail. Un des aspects intéressants de ce modèle est le principe que, compte tenu du rendement marginal décroissant du capital et de la force de travail, l'économie pourrait atteindre un point stationnaire. Par contre, ce point ne sera jamais atteint, puisque le progrès technologique repousse constamment les limites de l'économie. À partir de ce modèle se sont construites plusieurs analyses concernant le résidu de la productivité totale des facteurs, ou *Total Factor Productivity* (TFP), c'est-à-dire la part de la croissance de la production qui n'est pas attribuable au travail ni au capital; elle est donc intangible<sup>1</sup>. Ce concept de productivité a souvent été associé à ce que nous appelons le résidu de Solow, où l'aspect technologique

---

<sup>1</sup> OECD, 2001. *Productivity Manual: A Guide to the Measurement of Industry-Level and Aggregate Productivity Growth*, p. 124.

serait exogène au modèle de production. Plusieurs auteurs, dont Romer (1990) et Griffith, Redding et Van Reenen (2004), l'ont modélisé en utilisant notamment la recherche et développement.

D'un côté, l'article de Romer (1990) apporte des précisions au modèle de Solow (1956). Il affirme qu'il y a un effet de substitution entre le capital et le travail et qu'un accroissement de la part du capital augmenterait la vitesse des changements technologiques, contrairement à un accroissement de la proportion de la force de travail qui, elle, la ralentirait. D'un autre côté, Griffith, Redding et Van Reenen (2004) utilisent aussi le modèle de production néoclassique de Solow (1956) afin d'analyser la croissance relative de la TFP de chacun des pays choisis par rapport au pays qui est considéré comme le leader mondial en fait de productivité. Ceci leur permet de vérifier si ceux qui ont une productivité plus faible convergent, au fil des ans, vers le pays qui a la productivité la plus élevée.

La définition de la productivité totale des facteurs comprend la productivité du capital et de la main-d'œuvre, mais il est aussi possible d'utiliser chacun des facteurs indépendamment, c'est-à-dire que ceux-ci peuvent être analysés séparément.

### **2.1.2 Productivité du travail**

Le modèle de Solow (1956) a été le pilier sur lequel la littérature de la productivité du travail s'est construite. Effectivement, celle-ci s'est bâtie d'un point de vue théorique, mais c'est l'analyse empirique qui a principalement stimulée cette littérature. L'OCDE définit la productivité du travail comme étant la production par unité de travail<sup>2</sup>. L'unité de travail peut être représentée soit par la population en âge de travailler, soit par le nombre d'employés ou par le nombre d'heures travaillées. Considérant la grande disponibilité de ces données, plusieurs auteurs ont préféré la définition de la productivité du travail à la TFP, étant donné qu'il était plus facile de l'analyser selon un modèle empirique. Sans compter que Wells, Baldwin et Maynard

---

<sup>2</sup> OECD, 2008. *Labor Productivity Indicators*, p.5.

(1999) affirment que la productivité totale des facteurs est difficilement comparable dans la sphère internationale, puisque certaines définitions relatives aux investissements posent des problèmes. Ceci explique pourquoi la littérature concernant l'analyse de la productivité du travail a pris forme parallèlement à celle de la TFP.

Au cours du développement de cette littérature, Mankiw, Romer et Weil (1992) a été un des premiers groupes d'auteurs à modéliser et à bonifier empiriquement le modèle théorique de Solow en utilisant une des définitions de la productivité du travail. Par la suite, Nonneman et Vanhoudt (1996) ont amélioré les résultats de Mankiw, Romer et Weil (1992) et en y intégrant la variable technologique dans la liste des variables explicatives. Acharya et Coulombe (2005) se sont ensuite inspirés de cette amélioration pour analyser l'impact de la technologie sur la croissance du PIB par travailleur dans un modèle en panels dynamiques.

## **2.2 Choc technologique**

La majorité de ces auteurs ont intégré, d'une quelconque façon, un facteur technologique dans leur modèle. Ce facteur est un élément clé de la théorie moderne de la croissance économique et il l'est encore plus pour les pays développés, puisque comme Solow (1956) et Griffith, Redding et Van Reenen (2004) l'ont signalé, quand la croissance approche du point stationnaire, seul un choc technologique peut repousser les limites de l'économie. L'aspect technologique du modèle de Solow (1956) était considéré comme exogène, mais plusieurs études ont démontré qu'il était possible de favoriser ces changements par des politiques privilégiant l'innovation.

### **2.2.1 Définition de l'innovation**

D'un point de vue général, l'innovation est un principe par lequel une idée novatrice se matérialise dans l'univers économique. Celle-ci n'est pas dictée par un procédé clair, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de formule précise pour concrétiser une idée

nouvelle; il s'agit plutôt de l'aboutissement d'un processus intellectuel par lequel cette nouvelle idée voit le jour. Malgré l'aspect incertain de la finalité de ce processus, certains facteurs peuvent favoriser le contexte dans lequel de nouvelles idées surgissent. Les faits rapportés par Reich (2008) concernant l'impact des inventions réalisées au cours de la guerre froide par les États-Unis sont directement liés au concept de choc technologique et d'innovation. De plus, l'auteur explique que le développement des semi-conducteurs par les ingénieurs des partenaires industriels de la défense américaine ont été grandement épaulés par la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) et le Pentagone et largement financés par les fonds publics destinés à la recherche et développement. La suite des événements rapportés par Reich (2008) démontre non seulement que cette invention a permis le développement des ordinateurs modernes, mais a beaucoup contribué à modifier la société et l'économie des décennies subséquentes. Cela va sans dire, qu'à l'époque, l'impact futur du semi-conducteur était imprévisible. Cette situation entre donc dans le cadre du choc technologique et exprime bien l'idée générale que nous nous faisons l'innovation.

D'un point de vue théorique, un des premiers concepts d'innovation a été introduit par Joseph Schumpeter dans son livre *The Theory of Economic Development* publié en 1934. Pour Schumpeter, l'innovation est une combinaison de l'aboutissant des profits et des investissements autonomes, ces derniers étant dépendants des découvertes de nouvelles ressources et des progrès technologiques. Il y aurait, d'après lui, cinq types d'innovations : l'introduction d'un nouveau produit, l'introduction d'un nouveau procédé, l'ouverture d'un nouveau marché, une nouvelle source de matériaux bruts ou une nouvelle organisation de l'industrie<sup>3</sup>. Ces différents types d'innovations permettent à un grand éventail de nouveautés de se classer comme innovation. L'auteur précise qu'il faut faire une différence entre une invention et une innovation, car une invention devient une innovation seulement si elle est mise en marché ou si elle peut être mise en application. Depuis la création du concept économique de l'innovation par Schumpeter en 1934, bien des années ont passé avant

---

<sup>3</sup> Les définitions complètes des cinq concepts sont en Annexe 1

qu'un cadre d'évaluation et d'interprétation de l'innovation soit établi. En 1992, l'OCDE développait le premier recueil d'interprétation de données sur l'innovation : le Manuel d'Oslo. Celui-ci se concentrait principalement sur les progrès technologiques des produits et des procédés. Il est à noter que la version la plus récente du manuel d'Oslo traite de l'évaluation et couvre l'ensemble ses aspects.

### **2.2.2 Indicateurs et modèles de l'innovation**

L'OCDE a récemment publié deux rapports qui font l'inventaire des facteurs favorisant l'innovation et l'acquisition de nouvelles connaissances. Le document *Innovation and Growth* publié en 2007 fait état de la contribution de l'innovation dans la croissance de la productivité et rappelle qu'elle est également un moteur important pour l'économie. Le rapport discute non seulement des déterminants de l'innovation, notamment les dépenses en recherche et développement, mais aussi de l'importance que les droits de propriétés, ou de brevets, ont sur les inventions. Un autre rapport publié en 2010 par l'OCDE, *Measuring Innovation: A New Perspective*, pousse plus loin la réflexion sur les déterminants de l'innovation. En effet, nous revenons sur les idées précédentes, soit l'importance du financement de la R&D et des brevets, mais nous ajoutons que l'effort gouvernemental doit être plus large et non limité à ces deux aspects. Le rapport accorde une grande importance à la qualité de la main-d'œuvre et à la présence d'un système d'éducation favorisant un haut niveau de savoir. Par ailleurs, il souligne l'importance qu'ont la collaboration scientifique, la mobilité internationale de l'élite scientifique et la concentration du savoir sur un territoire dans le développement de l'innovation. Entre autres, le Québec s'est doté de politiques de concentration du savoir, ou *knowledge cluster*, avec des politiques fiscales telles que les crédits d'impôt remboursables pour la Cité du multimédia, le Centre national des nouvelles technologies de Québec et la Vallée de l'aluminium. Dans un autre ordre d'idées, ce même rapport spécifie qu'une firme n'a pas besoin d'investir en recherche et développement pour acquérir de nouvelles connaissances. De toute évidence, elle pourrait le faire par l'achat de machineries et d'équipements à la fine pointe de la technologie, ce qui rejoint les propos tenus par

Gu et Tang (2004) sur l'adoption technologique. Par contre, d'un point de vue macroéconomique, les institutions en place doivent soutenir les entreprises qui veulent participer à l'élaboration d'innovations.

Lorsque nous nous attardons à l'analyse empirique de l'innovation au niveau national, nous remarquons que plusieurs éléments doivent être pris en considération, notamment les indicateurs qui la représentent le plus. Une des mesures qui est utilisée dans les modèles économétriques de la littérature est le nombre de brevets délivrés par millions d'habitants. Malgré que cet indicateur ne mesure pas exactement l'intensité de l'innovation au niveau national, c'est la mesure qui s'apparente le plus à une mesure d'extrait de l'innovation, puisqu'elle représente le nombre d'inventions protégées par des droits de propriété.

Le l'article d'Encaoua, Guellec et Martinez (2006) fait état du système de brevets de façon générale et affirme qu'un tel système est un incitatif à l'innovation, mais il manifeste certaines réserves quant aux failles qui pourraient amoindrir les effets de celui-ci. Bien que cet indicateur offre une perspective intéressante en ce qui a trait à la finalité du processus visant à concrétiser une idée, il n'en demeure pas moins que des inconvénients surgissent lorsque nous voulons l'utiliser à des fins d'analyse économétrique. Effectivement, plusieurs éléments propres aux brevets provoquent des biais dans l'estimation de l'impact de l'innovation sur la productivité. Premièrement, un problème technique peut survenir lors d'une collecte de données concernant les brevets, puisque trois agences indépendantes offrent des politiques de protection des droits d'auteurs au niveau international, soit : le *European Patent Office* (EPO), le *Japan Patent Office* (JPO) et le *United States Patent and Trademark Office* (USPTO). En fait, un inventeur peut breveter son invention auprès de plus d'une agence. Ceci complique la collecte de données des chercheurs et augmente les risques de doublons et d'erreurs de mesure. Deuxièmement, un comportement dit stratégique intervient lors de la décision de breveter une invention. Lorsqu'une invention est brevetée, l'inventeur doit fournir aux agences plusieurs informations fondamentales concernant l'élaboration de son produit. En outre, l'inventeur ou la

compagnie possédant le brevet doivent mettre en place des mécanismes visant à faire valoir leurs droits sur l'invention brevetée, c'est-à-dire que l'inventeur ou la compagnie doivent investir dans des mesures de protection légales. Comme l'énoncent Cohen, Nelson et Walsh (2000), le coût associé au respect légal du brevet joue un rôle majeur dans la décision de breveter ou non une invention. Dans cette optique, les petites entreprises seraient peut-être moins enclines à vouloir afficher leurs inventions, puisque le coût d'investissement dans ces mesures de protection pourrait être trop élevé. Elles pourraient opter pour ne pas breveter leurs inventions et prendre le risque de se faire plagier à travers la réingénierie de leurs produits par leurs concurrents. Il est possible que ceci nuise à l'entrée de nouvelles firmes, qui sont généralement plus innovatrices selon le rapport *Measuring Innovation: A new perspective*, OECD (2010), sur le marché. Dans un même ordre d'idées, Macdonald (2004) explique que la stratégie entourant le brevetage des inventions a la possibilité de devenir une fin en soi pour certaines firmes et industries. Ainsi, le positionnement d'une entreprise dépendrait fondamentalement du nombre de brevets qu'elle détient. L'auteur affirme que les brevets détenus par une firme de l'industrie pharmaceutique, par exemple, ont le potentiel de bloquer les produits ou la recherche des concurrents dans ce domaine. Certaines industries seraient alors surreprésentées quant à l'innovation si nous nous servons des brevets délivrés par millions d'habitants comme indicateur. Cette situation provoquerait un biais dans l'évaluation de l'innovation nationale, puisque certaines régions seraient ainsi surévaluées parce qu'elles accueillent des industries dont la principale stratégie d'innovation relève des brevets. De ce fait, cet indicateur omettrait les firmes qui participent au processus d'innovation, mais qui n'utilisent pas ce type de protection des droits de propriété.

Vu dans leur ensemble, les brevets sont indubitablement une mesure de l'innovation, mais ceux-ci peuvent poser des problèmes économétriques lors de l'utilisation de cette mesure. Plusieurs auteurs, dont Lanjouw et Schankerman (1999), Gu et Tang (2004) et Van Leeuwen et Klomp (2001), ont employé les brevets délivrés par millions d'habitants comme indicateur de l'innovation en les associant à d'autres indicateurs afin de le compléter et d'en contrôler les points négatifs soulevés

précédemment. Par exemple, Gu et Tang (2004) ont créé une variable latente non observable représentant l'innovation et ont analysé son impact sur la productivité dans le secteur manufacturier canadien. Cette variable latente non observable a été construite à partir des brevets délivrés par millions d'habitants et complétée avec l'intensité de la recherche et développement, soit les dépenses faites en R&D en proportion du produit intérieur brut, l'investissement fait en machinerie et équipement et la part des employés d'une firme qui ont un degré de scolarité universitaire. Ils expliquent que cette méthode élimine les problèmes liés à la multicollinéarité tout en offrant la possibilité d'avoir une mesure de l'innovation plus précise. Leurs résultats démontrent que l'innovation peut prendre jusqu'à trois ans avant d'avoir un impact positif et significatif sur la productivité de la main-d'œuvre. Van Leeuwen et Klomp (2001), quant à eux, s'appuient sur des données de sondage sur l'innovation des entreprises en plus des brevets afin d'analyser l'impact de l'innovation sur la productivité, et c'est ce qui les distingue en partie dans la littérature, puisque les données de sondage sur le financement en recherche et développement sont les plus souvent utilisées. Malgré que leur théorie se concentre exclusivement sur les performances des firmes, il n'en reste pas moins que leurs résultats démontrent une relation positive entre l'innovation et la productivité.

Les données de sondage sur l'innovation des entreprises, tout comme celles sur les dépenses en R&D, servent principalement comme indicateurs lors d'analyses microéconomiques. Malgré la grande qualité de ces données, celles-ci ne peuvent être incluses dans l'analyse présentée dans ce mémoire comme étant une mesure de l'innovation, puisqu'elles ne sont pas faites annuellement et ne concernent que les firmes, ce qui soustrait ces indicateurs des modèles en panels et de type macroéconomique.

En dépit des avantages marqués des indicateurs de l'innovation mentionnés ci-dessus, les brevets délivrés par millions d'habitants et les données de sondage ne seront pas considérés comme indicateurs de l'innovation dans ce mémoire. Lors de l'analyse de la productivité de la main-d'œuvre à l'échelle internationale, un autre indicateur de

l'innovation a fait meilleur figure dans la littérature. Cet indicateur est représenté par les dépenses en recherche et développement effectuées par les divers acteurs économiques, comme les entreprises, les gouvernements et les hautes études.

## **2.3 Recherche et développement**

Lorsque nous analysons la productivité, les dépenses faites en recherche et développement occupent une place très importante dans la littérature. D'un point de vue macroéconomique, la R&D serait le meilleur indicateur qui puisse représenter l'innovation. Celui-ci est calculé comme étant le ratio des dépenses en R&D en proportion du produit intérieur brut. Il nous permet d'évaluer l'effort en R&D fait par l'économie de chaque pays en recherche et développement. Les deux sous-sections suivantes font une description du contexte englobant la R&D domestique et étrangère.

### **2.3.1 Recherche et développement domestiques**

L'OCDE, en plus d'utiliser le manuel d'Oslo (2005) pour les définitions et l'encadrement de l'innovation, se réfère au dernier manuel de Frascati, qui a été publié en 2002, afin d'avoir une méthode normalisée sur la compilation des données en recherche et développement. Celui-ci segmente les dépenses en R&D en trois sous-sections, soit : la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement expérimental<sup>4</sup>. Les méthodes de collecte de données instaurées par ce manuel permettent une analyse plus poussée des flux monétaires de la recherche et développement, car il fait la distinction entre la source de financement et le secteur exécuteur. Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001) ont d'ailleurs soulevé l'importance qu'occupe la perspective du secteur exécuteur dans l'impact de la recherche et développement sur la productivité totale des facteurs. Les dépenses financées ou exécutées peuvent être catégorisées selon le secteur des entreprises

---

<sup>4</sup> Les définitions complètes des trois concepts sont données à l'Annexe I.

commerciales ou le secteur public. Le secteur public contient, quant à lui, les dépenses en R&D exécutées par le gouvernement, où tous les paliers de l'État sont regroupés, et celles des hautes études<sup>5</sup>, où toutes les institutions postsecondaires et universitaires ainsi que les instituts de recherches associées aux hautes études sont regroupées.

L'utilisation de la recherche et développement comme indicateur comporte beaucoup d'avantages. L'application des principes de normalisation des données du Manuel de Frascati (2002), à travers les différents pays du monde, favorise la comparabilité entre ceux-ci. Ensuite, contrairement aux brevets délivrés par millions d'habitants, la recherche et développement n'est qu'un intrant au processus d'innovation. Ce facteur permet à la R&D d'offrir une perspective différente sur l'innovation. De plus, nous pourrions ajouter que le fait d'être un intrant soustrait indirectement cet indicateur aux comportements stratégiques des firmes et des industries, comparativement à l'alternative des brevets. Mais comme Bernstein (2002) le dit, cette évaluation comporte aussi quelques points négatifs, puisque la comptabilisation du financement de la R&D n'exclut pas les projets qui se sont soldés par un échec ou qui n'ont aucunement contribué à l'augmentation du savoir.

À défaut d'avoir un meilleur indicateur de l'innovation, plusieurs auteurs ont utilisé les dépenses en recherche et développement dans l'analyse de la productivité totale des facteurs et dans l'analyse de la productivité du travail. Griffith, Redding et Van Reenen (2004) ont notamment conclu que l'augmentation de l'intensité de la recherche et développement accroît la rapidité par laquelle la productivité totale des facteurs converge vers le point stationnaire de la courbe de croissance. L'utilisation de la R&D s'est aussi faite à différents niveaux économiques : des firmes, des industries et à l'échelle nationale. Au niveau des firmes, certains auteurs, dont Van Leeuwen et Klomp (2001), Wieser (2005), Nadiri et Bitros (1980) et Griliches (1998), se sont servis des dépenses en recherche et développement dans leur analyse

---

<sup>5</sup> Cette terminologie est utilisée par l'OCDE. Elle réunit sous une même bannière, toutes les institutions postsecondaires participant à la R&D, dont les universités, mais aussi les centres de recherches privés affiliés à des universités.

de la productivité. Pour l'analyse de la productivité au niveau des industries, nous pouvons mentionner le travail de Gu et Tang (2004) et de Terleckyj (1980) qui s'ajoutent à la liste de ceux qui ont inclus les dépenses en R&D comme indicateur de l'innovation ou du progrès technologique. Au niveau macroéconomique, un des groupes d'auteurs qui ont introduit une variable de progrès technologique dans le concept théorique de Solow (1956) est Nonneman et Vanhoudt (1996). En se basant sur le modèle empirique de Mankiw, Romer et Weil (1992), ils l'ont amélioré en incluant les dépenses totales en recherche et développement en proportion du PIB comme variable technologique. L'article de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001) a poussé plus loin l'analyse de la productivité multifactorielle en divisant les dépenses totales en R&D en deux catégories, c'est-à-dire les dépenses en R&D exécutées par le secteur privé et par le secteur public. Acharya et Coulombe (2005) ont eux aussi analysé l'impact des dépenses en R&D sur la productivité du travail. À la différence de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001), ils ont scindé en deux les dépenses publiques en R&D, soit les dépenses exécutées par le gouvernement et celles par les hautes études. Ces deux derniers groupes d'auteurs ont employé également une variable captant l'effet de la recherche et développement exécutée à l'étranger afin de compléter l'impact de la R&D domestique.

### **2.3.2 Recherche et développement des entreprises étrangères**

Dans un contexte de mondialisation et d'intensification des échanges commerciaux internationaux, un aspect important a été soulevé dans l'article de Coe et Helpman (1995). Les auteurs prétendent que la productivité totale des facteurs est non seulement affectée par les dépenses en recherche et développement exécutées dans le pays, mais l'est également par les dépenses en R&D qui sont faites dans les pays avec lesquels ce pays a des échanges commerciaux. En ce sens, pour un pays, l'investissement fait en R&D par ses partenaires commerciaux pourrait avoir un impact sur sa productivité à travers l'importation; cet effet indirect des dépenses en R&D est appelé *spillover effect*. Un pays pourrait être d'autant plus avantage s'il est très ouvert au commerce international, mais aussi s'il transige avec des pays où

l'intensité de la recherche et développement est élevée. Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001) ont notamment inclus cette variable dans leur modèle afin de compléter l'effet des dépenses domestiques en R&D. En se basant sur les hypothèses de Coe et Helpman (1995), les auteurs ont construit une variable représentant les dépenses des entreprises étrangères. Pour chaque pays, la R&D étrangère est la somme pondérée de l'intensité de la R&D des entreprises par les importations bilatérales. Le même indicateur a été utilisé par Acharya et Coulombe (2005) afin de représenter la R&D étrangère.

Cette section nous a permis de comprendre tout l'impact que pouvait avoir un choc technologique sur l'économie. Bref, beaucoup d'auteurs ont tenté de modéliser ce choc d'une façon ou d'une autre. Certains ont créé une variable latente de l'innovation, d'autres ont utilisé des indicateurs tels que les brevets ou les données de sondage sur l'innovation, mais, en majorité, les dépenses en recherche et développement ont été choisies pour représenter l'innovation ou le progrès technologique. Par ailleurs, plusieurs facteurs favorisant l'accroissement des connaissances ont été mentionnés et l'effort international visant à mieux coordonner l'innovation et les dépenses en R&D a été soulevé. La section suivante exposera en profondeur le modèle économétrique, qui a été choisi afin d'analyser l'impact de la recherche et développement sur la productivité de la main-d'œuvre, pour ce mémoire.

## **2.4 Modèle macroéconomique de l'analyse de la productivité**

Cette section regroupera tous les aspects économétriques en lien avec le modèle présenté. La première partie consistera en un bref résumé des articles nommés dans les parties précédentes, tandis que la deuxième partie présentera l'article principal sur lequel l'analyse de la productivité s'appuiera.

### **2.4.1 Influences importantes**

Depuis la publication des articles de Solow (1956) et de Mankiw, Romer et Weil (1992), plusieurs économistes se sont penchés sur les façons d'améliorer les modèles qu'ils proposent. Nonneman et Vanhoudt (1996) font partie de ces groupes d'auteurs qui ont poursuivi l'analyse de la croissance de la productivité. Le modèle de ces auteurs inclut les mêmes variables utilisées par Mankiw, Romer et Weil (1992), mais divise la variable de capital en trois groupes : le capital humain, le capital physique et la connaissance technologique. Par contre, la variable représentant la croissance du point de vue technologique (ou connaissance technologique) était considérée comme exogène dans le modèle de Mankiw, Romer et Weil (1992); celle-ci a d'ailleurs été complètement intégrée au modèle de Nonneman et Vanhoudt (1996). De plus, ces derniers ont soulevé un élément important : la modification du modèle statique en modèle dynamique provoque un changement considérable des résultats. En effet, pour rendre le modèle dynamique, la variable dépendante est d'abord transformée par la méthode de la première différence<sup>6</sup> et, par la suite, une variable dépendante retardée d'une période est incluse comme variable explicative afin de contrôler le point de départ de la croissance. Ces auteurs expliquent que les résultats de ce nouveau modèle sont très similaires à ceux de Griliches et Lichtenberg (1984), ce qui renforce ceux obtenus dans le modèle de Mankiw, Romer et Weil (1992). Nonneman et Vanhoudt (1996) concluent en disant que l'écart du niveau de revenu par travailleur des pays développés listés par l'OCDE peut être expliqué, en partie (à environ 75 %), par leur modèle étendu de Solow. Ce dernier modèle est d'autant plus pertinent qu'il utilise les mêmes 22 pays de l'OCDE que Mankiw, Romer et Weil (1992); lesquels n'étaient capables, au mieux, d'expliquer, que 28 % des écarts du revenu par travailleur des pays développés de l'OCDE.

Un autre groupe d'auteurs a fortement influencé l'article d'Acharya et Coulombe (2005) et ce mémoire; il s'agit de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001).

---

<sup>6</sup> La méthode de la première différence se calcule selon la différence entre la variable au temps  $t$  et celle au temps  $t-1$ . La différence entre ces deux valeurs est à l'échelle des variables précédemment utilisées (en pourcentages, dollars, points de pourcentage, etc.).

Les variables explicatives qui y ont été utilisées se réfèrent principalement aux dépenses en recherche et développement exécutées par les entreprises et le secteur public. De plus, trois autres variables de contrôle y ont été incluses. Premièrement, selon les résultats de Coe et Helpman (1995), une variable de contrôle pour la R&D exécutée par les entreprises étrangères a été ajoutée. Deuxièmement, le choc sur les données de l'Allemagne, provoqué par la réunification entre l'Allemagne de l'Est et de l'Ouest en 1991, a été contrôlé par une variable dichotomique. Finalement, étant donné l'aspect temporel de l'analyse, une variable de contrôle pour les cycles économiques a aussi été intégrée. Le travail de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001) a eu beaucoup d'influence parce qu'il utilise une technique économétrique qui n'avait pas été utilisée auparavant, soit l'analyse en panels dynamiques. Cette méthode d'analyse se distingue par rapport à celles de Mankiw, Romer et Weil (1992) et de Nonneman et Vanhoudt (1996), puisque ceux-ci utilisaient des moyennes sur toute la période observée pour chaque pays analysés, ce qui écartait tout l'aspect des variations temporelles.

La combinaison des articles de Nonneman et Vanhoudt (1996) et de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001) ont été centraux dans le développement et l'analyse des modèles présentés par Acharya et Coulombe (2005). D'un côté Nonneman et Vanhoudt (1996) analysent la productivité de la main-d'œuvre sous le modèle théorique de Solow (1956) et, de l'autre côté, Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001) segmentent la variable du progrès technologique en plusieurs variables de dépense en R&D et apportent une nouvelle perspective économétrique, soit l'analyse en panels dynamiques. La prochaine section fera une description complète du modèle d'Acharya et Coulombe (2005), puisque c'est le modèle sur lequel ce mémoire se base pour analyser la productivité du travail.

#### **2.4.2 Acharya et Coulombe (2005)**

En 2005, Serge Coulombe et Ram C. Acharya développent un modèle économétrique qui tente d'expliquer l'impact que certaines variables macroéconomiques peuvent

avoir sur la productivité de la main-d'œuvre. Acharya et Coulombe (2005) proposent un nouveau type d'évaluation de la croissance économique dans leur article. Les auteurs se basent toujours sur les principes théoriques de Solow (1956), mais utilisent principalement les modèles empiriques de Nonneman et Vanhoudt (1996) et de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001). De plus, ils reprennent le concept de connaissance technologique de Nonneman et Vanhoudt (1996), mais le segmentent en trois aspects, soit : les dépenses en recherche et développement exécutées par les entreprises, celles exécutées par le secteur public et finalement les dépenses en R&D exécutées par les pays étrangers. Comme nous l'avons déjà dit, ceci s'apparente à la segmentation utilisée dans le modèle Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001). En plus d'apporter des modifications sur les types d'exécution de la R&D, ceux-ci optent pour l'analyse de la productivité du travail, en utilisant une mesure de contrôle pour l'investissement en capital. Leur modèle se base sur les principes établis précédemment et où  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 16$ ) représente les différents pays<sup>7</sup> et  $t$  ( $t = 1981, 1982, \dots, 2000$ ) représente la longueur du panel:

$$\begin{aligned}
 \Delta YR_{i,t} = & \alpha_y YR_{i,t-1} + \alpha_{ce} CE_{i,t} + \alpha_{pi} \ln(PI_{i,t}) + \alpha_{nt} \Delta NT_{i,t} + \alpha_{oe} \ln(OI_{i,t}) + \alpha_g G_{i,t} \\
 & + \alpha_{fr} \ln(FR_{i,t-1}) + \alpha_{br} \ln(BR_{i,t-1}) + \alpha_{pr} \ln(PR_{i,t-1}) \\
 & + \gamma_{fr} \Delta FR_{i,t} + \gamma_{br} \Delta BR_{i,t} + \gamma_{pr} \Delta PR_{i,t} \\
 & + \phi_i + \theta_t + u_{i,t}
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Acharya et Coulombe (2005) utilisent la même variable dépendante que Nonneman et Vanhoudt (1996), soit la première différence du ratio du produit intérieur brut par la population des individus âgés de 15 à 64 ans ( $\Delta YR_{i,t}$ ). Ils introduisent plusieurs variables de contrôle, dont celle pour la croissance de la population ( $\Delta NT_{i,t}$ ), l'intensité du capital physique ( $PI_{i,t}$ ), soit le ratio des investissements totaux et du PIB, une variable de contrôle pour les cycles économiques ( $CE_{i,t}$ ) et une variable d'ouverture économique internationale ( $OI_{i,t}$ ), qui est la somme des exportations et des importations mise en proportion du PIB, laquelle sert à contenir les effets du

<sup>7</sup> Australie, Belgique, Canada, Danemark, Finlande, France, Allemagne, Irlande, Italie, Japon, Pays-Bas, Norvège, Espagne, Suisse, Royaume-Uni, États-Unis.

commerce international. De plus, une variable dichotomique ( $G_{i,t}$ ) sert à contrôler les possibles perturbations des données économiques suite à la réunification de l'Allemagne en 1991. Acharya et Coulombe (2005) incluent trois variables de progrès technologiques représentées, premièrement, par les dépenses en R&D exécutées par les entreprises en proportion du produit intérieur brut ( $BR_{i,t-1}$ ); deuxièmement, par les dépenses en R&D exécutées par le secteur public, lequel comprend le gouvernement et les hautes études, en proportion du produit intérieur brut ( $PR_{i,t-1}$ ) et, finalement, les dépenses en R&D exécutées par les entreprises des pays avec qui ils ont des liens ( $FR_{i,t-1}$ ). Puisque l'effet de la recherche et développement peut prendre un certain temps avant d'avoir un impact réel sur la productivité, les auteurs ont retardé d'une année ces variables de R&D dans leur modèle, ce qui est cohérent avec la littérature. En plus, une variable de productivité de la main-d'œuvre retardée d'une période ( $YR_{i,t-1}$ ) est incluse, comme dans les modèles de Nonneman et Vanhoudt (1996) et de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001). Celle-ci vient ajouter une dynamique au modèle; par contre, elle biaise les coefficients des effets fixes et des effets aléatoires. C'est pourquoi, afin d'éliminer l'hétérogénéité de l'effet individuel, les auteurs ont appliqué la première différence à leur variable dépendante préalablement transformée en logarithme naturel. De plus, la première différence a été appliquée aux variables explicatives représentant la R&D et incluses comme variables de contrôles ( $\Delta BR_{i,t}$ ,  $\Delta PR_{i,t}$ ,  $\Delta FR_{i,t}$ ).

Le modèle a été estimé à partir de quatre méthodes économétriques différentes afin de démontrer que les résultats obtenus n'étaient pas spécifiques à une méthode plutôt qu'une autre. En premier, les auteurs font l'estimation de leur modèle avec la méthode du moindre carré généralisé faisable (FGLS). La deuxième méthode d'estimation utilisée est celle du double moindre carré ordinaire (2SLS). En troisième, les auteurs estiment leur modèle avec le triple moindre carré (3SLS) qui est la version itérée du 2SLS. La quatrième méthode qui a été utilisée est celle du système d'équations en apparence non reliées (SUR). De plus, l'inclusion d'une variable dépendante retardée d'une période dans les variables explicatives incite les auteurs à supposer qu'il y a une relation de cointégration, c'est pourquoi ils ont

analysé leur modèle dans un contexte de *Error-Correction Model* (ECM), comme Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001) l'ont fait.

Les données utilisées dans Acharya et Coulombe (2005) s'étalent de 1981 à 2000 et proviennent de deux différentes bases de données. Le *Penn World Table* fournit les données pour 16 pays de l'OCDE sur la population, les investissements et la productivité de la main-d'œuvre, tandis que le reste des données proviennent de l'OCDE. Le modèle d'Acharya et Coulombe (2005) permet de constater que ces différentes variables de progrès technologique n'interagissent pas de la même façon avec la productivité du travail. En effet, les auteurs démontrent que les pays où les dépenses en R&D des entreprises sont plus élevées de 10 % que la moyenne des pays de l'OCDE voient leur productivité du travail être supérieure de 2,4 % à 5 % par rapport aux autres pays. De plus, les différentes variables de contrôle ainsi que l'inclusion de plusieurs variables technologiques viennent grandement appuyer l'hypothèse mise de l'avant dans ce mémoire. L'article d'Acharya et Coulombe (2005) est le pilier sur lequel l'hypothèse de l'impact des dépenses en recherche et développement sur la productivité de la main-d'œuvre sera vérifiée, tant au niveau international qu'au niveau interprovincial.

À travers la littérature économique, nous avons pu démontrer que la productivité est un indicateur important de la performance de l'économie et que celle-ci est grandement affectée par des chocs technologiques, dont l'innovation est le moteur principal. Dans ce chapitre, il a aussi été question des indicateurs pouvant le mieux représenter l'innovation. À travers un processus d'élimination, il s'est avéré que les dépenses en R&D étaient le meilleur indicateur pouvant répondre aux attentes du modèle macroéconomique. De plus, Acharya et Coulombe (2005) sont les auteurs principaux sur lesquels ce mémoire se base. Le prochain chapitre proposera une analyse contextuelle des variables qui seront utilisées dans les modèles économétriques. Finalement, une présentation des modèles et des méthodes d'estimations sera effectuée.

## Chapitre 3. Statistiques descriptives et modélisation

Dans le cadre de ce mémoire, l'impact des dépenses en recherche et développement sera analysé en régressant les diverses composantes économiques pertinentes, présentées dans Acharya et Coulombe (2005), sur la croissance du PIB par travailleur potentiel<sup>8</sup> et sur la croissance de la productivité par heure travaillée. Les sous-sections suivantes présenteront une description des différentes variables<sup>9</sup> utilisées dans les modèles économétriques. Il est à noter que toutes les données qui ont été recueillies étaient en dollars nominaux et en devises nationales, elles ont donc été transformées en dollars canadiens de 2002 afin de pouvoir les comparées entre elles. Nous devons aussi spécifier que l'analyse ne peut se faire que d'un point de vue national bien que les juridictions utilisées aient des structures industrielles différentes. Ceci est dû au fait que les données ne sont pas disponibles selon les différents secteurs industriels. De plus, la situation qui prévaut au Québec sera mise en contexte, c'est-à-dire qu'elle sera comparée à quatre juridictions baromètres, soit : le Canada, l'Ontario, les États-Unis et la France. Suivra, dans l'ordre, une description des modèles et des méthodes d'estimations.

### 3.1 Variables dépendantes

Les prochaines sous-sections font référence aux deux définitions mentionnées auparavant, soit la croissance du PIB par travailleur potentiel et la croissance de la productivité par heure travaillée. Ces dernières seront mises en contexte afin de positionner le Québec par rapport aux quatre autres juridictions choisies.

---

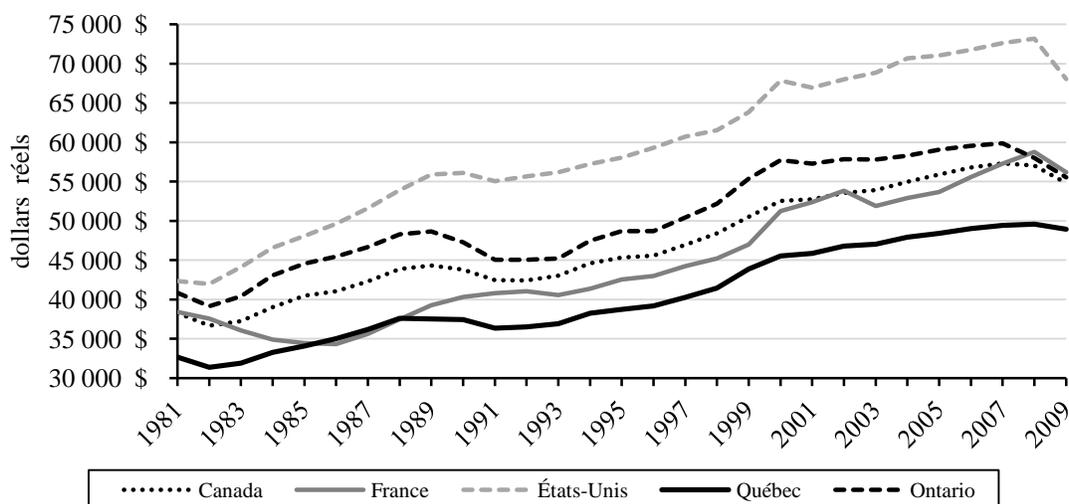
<sup>8</sup> Dû à des changements dans la disponibilité des données, le ratio du produit intérieur brut et de la population âgée de 15 à 64 ans n'est plus considéré comme un concept de productivité. La terminologie « PIB par travailleur potentiel » sera utilisée afin de faire la distinction entre le concept de productivité actuel et celui qui était utilisé ultérieurement par convention.

<sup>9</sup> Pour plus d'information concernant les variables utilisées, se référer à l'Annexe II : Tableaux sommaire des échantillons

### 3.1.1 PIB par travailleur potentiel

Le PIB par travailleur potentiel ( $\Delta YR_{i,t}$ ) se définit comme étant le ratio du produit intérieur brut et de la population âgée de 15 à 64 ans. Cette définition a été utilisée à maintes reprises dans le passé, entre autres, dans les articles de Mankiw, Romer et Weil (1992), de Nonneman et Vanhoudt (1996) et de Acharya et Coulombe (2005). Elle permet notamment d'observer la croissance de la production de la richesse nationale par rapport au bassin de travailleurs potentiels, soit l'ensemble des individus qui se situent dans la classe d'âge précédemment identifiée. Cette variante de la définition de la productivité permet d'analyser la contribution du travail potentiel dans la croissance de l'économie ainsi que sa compétitivité<sup>10</sup>. Les données concernant le PIB et la population des modèles internationaux et interprovinciaux proviennent respectivement de la base de données de l'OCDE<sup>11</sup> et de Statistique Canada<sup>12</sup>.

**Graphique 3.1 – Évolution du PIB réel par individus de 15 à 64 ans (\$ Canadien de 2002)**



Lorsque le PIB par travailleur potentiel du Québec est mis en perspective avec des juridictions baromètres, tels que le Canada, l'Ontario, la France et les États-Unis,

<sup>10</sup> OECD, 2008. *Labor Productivity Indicators*, p. 5.

<sup>11</sup> Organisation de coopération et de développement économiques, base de données OECD.Stat, tableau *Produit intérieur brut par les dépenses (sic)* et tableau *Population*.

<sup>12</sup> Statistique Canada, base de données du CANSIM, tableaux 051-0001 et 384-0002.

nous pouvons observer que celui-ci est relativement plus faible que celui dans les autres juridictions. En effet, malgré un taux de croissance annuel moyen<sup>13</sup> de son PIB par travailleur potentiel de 1,45 % entre 1981 et 2009, comparativement à 1,11 % pour l'Ontario et à 1,29 % pour le Canada, nous constatons que le Québec n'a pas réussi à combler l'écart qui existe entre lui et les autres juridictions baromètres. Nous remarquons que cette définition de la productivité omet plusieurs aspects culturels du travail qui jouent un rôle important dans la croissance de la productivité; par exemple, elle ne prend pas en compte le nombre d'heures travaillées par travailleur. De plus, en utilisant toute la population des 15 à 64 ans, nous incluons une partie de la population qui ne contribue pas à la croissance, plus spécifiquement, les chômeurs et les gens inactifs en âge de travailler. Donc, malgré la comparabilité que cette définition procure, l'utilisation de cette variable dépendante favorisera la transition vers une autre définition de la productivité. En effet, dans ce mémoire, une autre définition de la productivité sera mise de l'avant, laquelle sera représentée par le ratio du produit intérieur brut par heure effectivement travaillée.

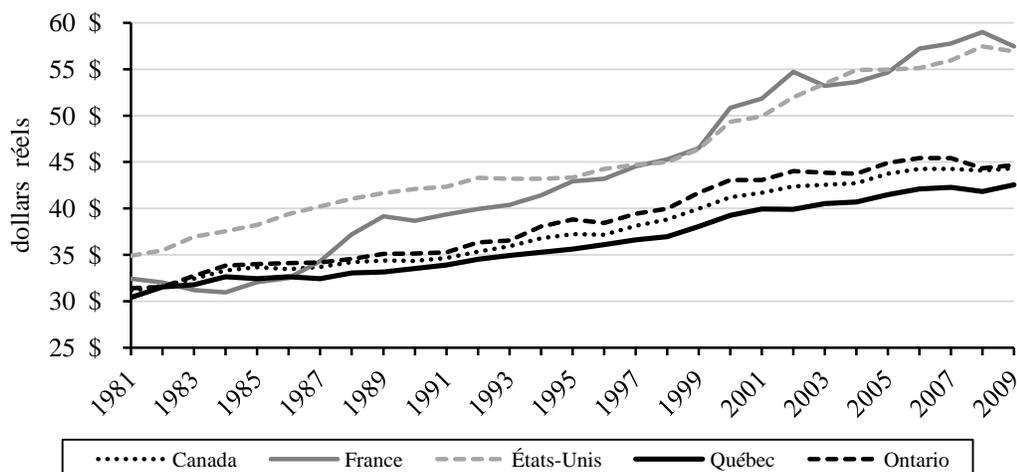
### **3.1.2 Productivité par heure travaillée**

La productivité par heure travaillée ( $\Delta YH_{i,t}$ ) se définit comme étant le ratio du produit intérieur brut et du nombre d'heures totales effectivement travaillées dans l'économie. Cette définition de la productivité a notamment été intégrée dans l'identité mathématique de Baldwin, Brown et Maynard (2005), lesquels analysent la croissance du produit intérieur brut par habitant. L'utilisation de cette définition de la productivité sera privilégiée dans ce mémoire afin de compléter les études sur la productivité qui ont été faites à partir de la définition du PIB par travailleur potentiel. Pour cette variable, les données du PIB et des heures travaillées proviennent aussi de la base de données de l'OCDE<sup>14</sup> et de Statistique Canada<sup>15</sup> et seront utilisées dans les modèles internationaux et interprovinciaux.

<sup>13</sup> Le taux de croissance annuel moyen, ou TCAM, est calculé selon la formule suivante : 
$$\sqrt[Nb\ d'année]{\frac{Valeur\ Finale}{Valeur\ Initiale}} - 1$$

<sup>14</sup> Organisation de coopération et de développement économiques, base de données OECD.Stat, tableau *Produit intérieur brut par les dépenses* (sic) et tableau *Croissance de la productivité du travail pour l'ensemble de l'économie*.

**Graphique 3.2 – Évolution du PIB réel par heure travaillée (\$ Canadien de 2002 / heure)**



L'analyse du Graphique 3.2 nous permet d'évaluer la productivité sous un autre angle. Sous cette nouvelle définition, la France a une productivité plus similaire à celle des États-Unis, comparativement au Graphique 3.1 où elle avait une performance plus près de celle de l'Ontario. Cette différence est notamment attribuable à un nombre d'heures travaillées en France relativement inférieur à celles travaillées en Ontario.

En intégrant le Québec et l'Ontario dans le classement des 16 pays analysés, soit du pays ayant la meilleure productivité par heure travaillée jusqu'à celui ayant la plus basse productivité, nous pouvons constater que la performance du Québec n'a pas été au rendez-vous au courant des dernières années. En effet, nous pouvons voir au Tableau 3.1 que la position du Québec serait passée de la 13<sup>e</sup> place en 1981 à la 18<sup>e</sup> place en 2009. De façon générale, cette situation est explicable par le fait que le Québec a eu un taux de croissance annuel moyen de seulement 1,21 % par année, comparativement à l'Ontario et au Canada qui ont eu tous les deux une croissance annuelle moyenne de 1,27 %. Ceci n'a fait qu'augmenter l'écart entre le Québec et ses plus proches voisins, notamment les États-Unis où l'écart monétaire de la

<sup>15</sup> Statistique Canada, base de données du CANSIM, tableaux 383-0009 et 384-0002.

productivité par heure travaillée était de 14,37 \$ en 2009. Les performances du Québec par rapport à celles des autres régions ne sont donc pas propres à cette définition de la productivité, contrairement à celles de certains pays où le changement de définition modifie de façon notable les performances, plus particulièrement en France et aux États-Unis.

Tableau 3.1 – Classement selon la productivité par heure travaillée  
(\$ canadiens de 2002)

Position	1981	PIB / heure	2009	PIB / heure
1	Italie	59,91 \$	Irlande	66,83 \$
2	Espagne	49,87 \$	Norvège	62,68 \$
3	Suisse	43,51 \$	Pays-Bas	61,51 \$
4	Australie	39,79 \$	Belgique	59,74 \$
5	Belgique	37,70 \$	Allemagne	59,09 \$
6	Norvège	37,16 \$	France	57,45 \$
7	États-Unis	34,88 \$	États-Unis	56,92 \$
8	Irlande	34,07 \$	Finlande	51,10 \$
9	France	32,44 \$	Suisse	51,04 \$
10	Royaume-Uni	32,00 \$	Danemark	48,89 \$
11	Danemark	31,69 \$	Japon	48,42 \$
12	Ontario	31,39 \$	Italie	45,29 \$
13	<b>Québec</b>	<b>30,41 \$</b>	Ontario	45,13 \$
14	Canada	31,12 \$	Royaume-Uni	45,18 \$
15	Pays-Bas	29,86 \$	Espagne	44,77 \$
16	Finlande	28,29 \$	Canada	44,33 \$
17	Allemagne	26,51 \$	Australie	44,26 \$
18	Japon	11,64 \$	<b>Québec</b>	<b>42,49 \$</b>

### 3.2 Variables explicatives

La section 3.2 regroupe les statistiques descriptives et les informations pertinentes des variables entourant la recherche et développement ventilées selon le type d'exécuteur. Tous les ratios présentés dans les sous-sections suivantes concernant les entreprises, le gouvernement et les hautes études ont été créés à partir des données de l'OCDE<sup>16</sup> et de Statistique Canada<sup>17</sup>. Par contre, les données nécessaires à la construction de l'indicateur des dépenses en R&D exécutées par les entreprises

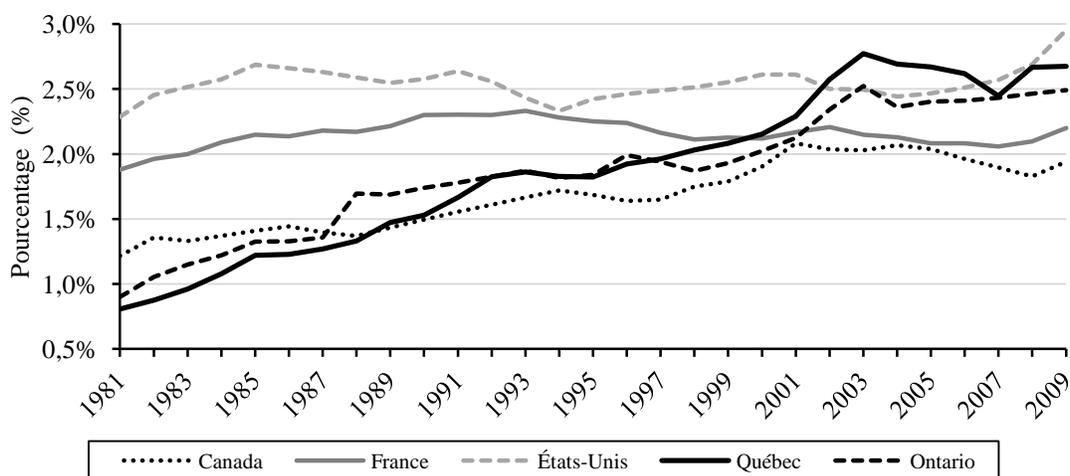
<sup>16</sup> Organisation de coopération et de développement économiques, base de données OCDE.Stat, tableau *Produit intérieur brut par les dépenses* (sic) et tableau *Dépense intérieure brute de R-D par secteurs d'exécution et par secteurs bailleurs de fonds*.

<sup>17</sup> Statistique Canada, base de données du CANSIM, tableaux 358-0001 et 384-0002.

étrangères proviennent des bases de données mentionnées, mais aussi du Fonds monétaire international<sup>18</sup>.

Il est important de mentionner que l'utilisation des dépenses en R&D agrégées, c'est-à-dire la somme de la R&D des entreprises domestiques, des gouvernements et des hautes études, regroupe plusieurs éléments qui n'ont pas les mêmes incitatifs. En effet, en regardant le graphique 3.3, il est impossible de savoir quelle composante des dépenses totales en R&D explique le mieux la croissance annuelle moyenne de 4,37% du Québec entre 1981 et 2009, c'est pourquoi il est primordial de faire une distinction entre les différentes catégories de recherche et développement.

**Graphique 3.3 – Ratio des dépenses totales en R&D et du PIB réel (%)**



### **3.2.1 Recherche et développement des entreprises domestiques**

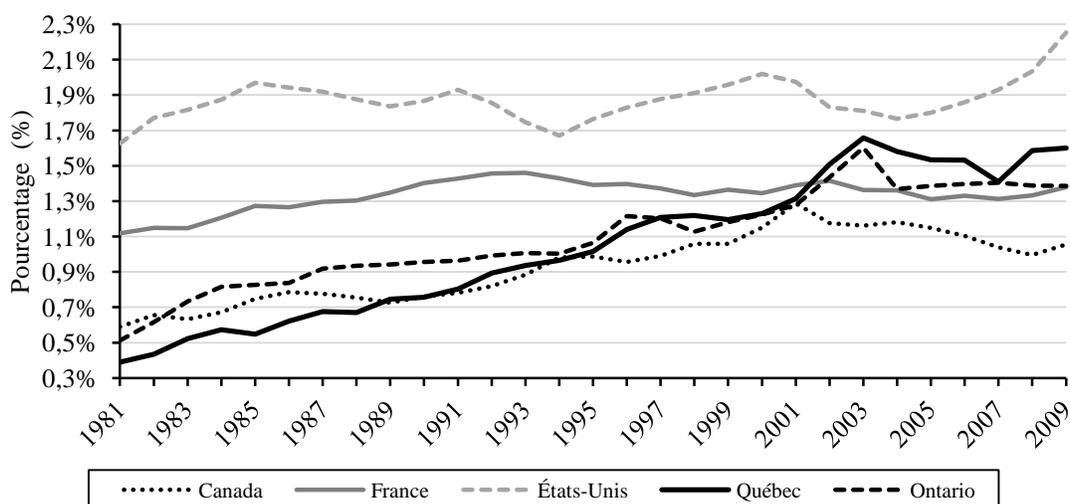
La variable relative aux dépenses en recherche et développement financées par tous les secteurs, mais exécutées par les entreprises ( $BR_{i,t-1}$ ), est l'élément le plus important de ce mémoire. Dans l'échantillon de pays choisi, ces dépenses représentaient en moyenne 63,67% de l'ensemble des dépenses en R&D en 2009.

<sup>18</sup> Fonds monétaire international, tableaux tirés des rapports couvrant les années de 1981 à 2009 : *Direction of Trade Statistics Yearbook*.

Ceci en fait la variable technologique la plus importante à travers les trois préalablement choisies.

En mettant en proportion ces dépenses en R&D dans le PIB, nous pouvons créer un indicateur représentant l'intensité de l'investissement en R&D dans l'économie de la juridiction. De plus, comme il a été mentionné dans l'article de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003), l'entreprise est l'entité économique la plus efficace pour l'exécution de la recherche et développement. Ce ratio nous permet de voir la portée économique de cette variable.

**Graphique 3.4 – Ratio des dépenses en R&D exécutées par les entreprises et du PIB réel (%)**



Une représentation graphique nous permet de remarquer une légère tendance à la hausse des dépenses en R&D exécutées par les entreprises. En analysant le Graphique 3.4, nous pouvons voir qu'à partir de 1997, les dépenses exécutées par les entreprises du Québec sont supérieures à celles de l'Ontario et du Canada. Les entreprises du Québec exécutaient, en 2009, des dépenses en R&D pour l'équivalent de 1,60 % du PIB, soit 0,21 point de pourcentage de plus que l'Ontario et 0,55 point de pourcentage de plus que le Canada. Par contre, ce ratio est tout de même plus petit que celui des États-Unis qui, lui, était de 2,25 % pour la même année. Nous pouvons

aussi ajouter qu'il y a une tendance claire à déléguer l'exécution de la recherche et développement aux entreprises. En effet, la part des entreprises du Québec est passée de 48,3 % en 1981 à 59,9 % en 2009, ce qui concorde avec la tendance observée ailleurs dans le monde. Au Tableau 3.2, le Québec et l'Ontario ont été introduits dans le classement mondial des dépenses en recherche et développement exécutées par les entreprises en proportion du produit intérieur brut, trié en ordre décroissant d'intensité. Nous pouvons constater que ceux-ci ont amélioré leur place au cours des trente dernières années. En effet, le Québec est passé de la 15<sup>e</sup> position en 1981, à la 7<sup>e</sup> position en 2009, tandis que l'Ontario se positionnait à la 9<sup>e</sup> place en 2009, comparativement à la 13<sup>e</sup> place en 1981.

Tableau 3.2 – Classement selon l'intensité des dépenses en R&D exécutées par les entreprises (% pourcentage)

Position	1981	RD / PIB	2009	RD / PIB
1	États-Unis	1,62 %	Japon	2,93 %
2	Allemagne	1,50 %	Finlande	2,81 %
3	Royaume-Uni	1,48 %	Suisse	2,55 %
4	Japon	1,39 %	États-Unis	2,25 %
5	Suisse	1,39 %	Danemark	2,00 %
6	France	1,12 %	Allemagne	1,94 %
7	Belgique	0,98 %	<b>Québec</b>	1,60 %
8	Pays-Bas	0,93 %	Australie	1,52 %
9	Finlande	0,63 %	Ontario	1,39 %
10	Norvège	0,62 %	France	1,38 %
11	Canada	0,59 %	Belgique	1,32 %
12	Danemark	0,52 %	Irlande	1,16 %
13	Ontario	0,51 %	Royaume-Unis	1,16 %
14	Italie	0,48 %	Canada	1,06 %
15	<b>Québec</b>	<b>0,39 %</b>	Norvège	0,96 %
16	Irlande	0,29 %	Pays-Bas	0,88 %
17	Australie	0,22 %	Espagne	0,72 %
18	Espagne	0,18 %	Italie	0,65 %

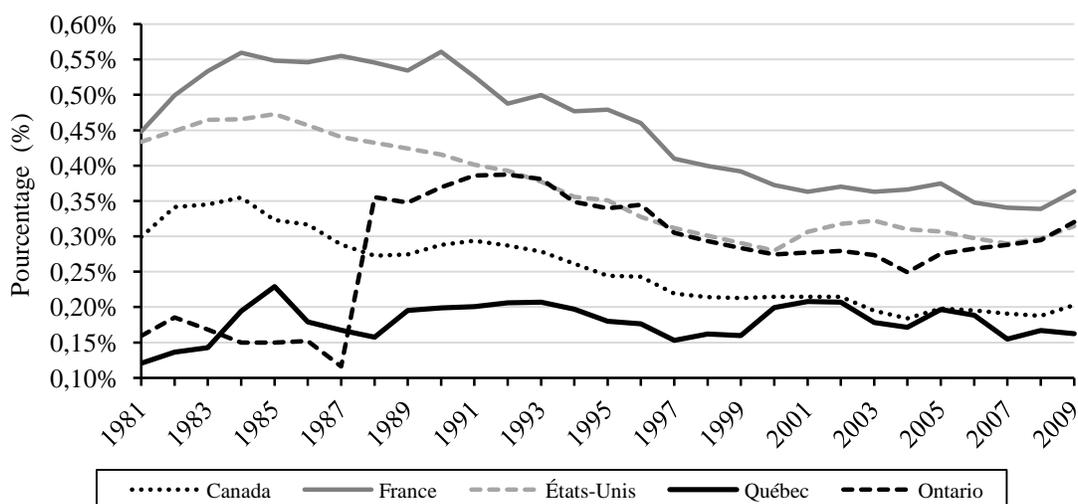
### 3.2.2 Recherche et développement du gouvernement

Les dépenses en recherche et développement exécutées par le gouvernement ( $GR_{i,t-1}$ ) est un indicateur du même type que celui de la R&D exécutée par les entreprises, c'est-à-dire qu'il représente l'investissement en R&D auquel le gouvernement prend part. En ce sens, ces dépenses sont mises en proportion du PIB

afin de représenter leur intensité économique. À titre d'information, seulement l'aide directe du gouvernement est prise en compte, c'est-à-dire seulement les subventions et le coût du soutien technique est comptabilisé. Les crédits d'impôt fédéraux et provinciaux d'aide à la R&D ne sont pas inclus. Selon Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003), lorsque le gouvernement exécute la recherche et développement, les bénéfices pour l'économie sont moindres que ceux qui découlent de la R&D des entreprises. Cette situation résulte du fait que la R&D gouvernementale se concentre plutôt sur des études de types socioéconomiques servant à l'analyse de programmes gouvernementaux n'ayant pas nécessairement un objectif de croissance économique. Par contre elle favoriserait l'investissement fait par les entreprises dans ce domaine.

En 2009, le Québec était l'une des juridictions où le gouvernement exécutait le moins de R&D, soit à hauteur de 6,07 % des dépenses totales exécutées. Dans l'échantillon des pays choisis, seulement trois d'entre eux avaient une part de l'exécution gouvernementale plus petite que celle du Québec : le Danemark, l'Irlande et la Suisse, qui avaient respectivement 2,88 %, 4,31 % et 4,44 % de leurs R&D exécutées par les institutions gouvernementales.

**Graphique 3.5 – Ratio des dépenses en R&D exécutées par les gouvernements et du PIB réel (%)**



En observant le Graphique 3.5<sup>19</sup>, nous pouvons voir que les dépenses en R&D exécutées par le gouvernement au Québec n'ont pas eu de tendances claires au cours des trente dernières années. Ceci va à l'encontre du mouvement général des autres juridictions, où l'intensité de la R&D exécutée par les gouvernements diminue avec le temps. En effet, le Canada, la France et les États-Unis ont eu une diminution annuelle respective de 1,38 %, de 0,74 % et de 1,14 % au cours de la même période.

### **3.2.3 Recherche et développement des hautes études**

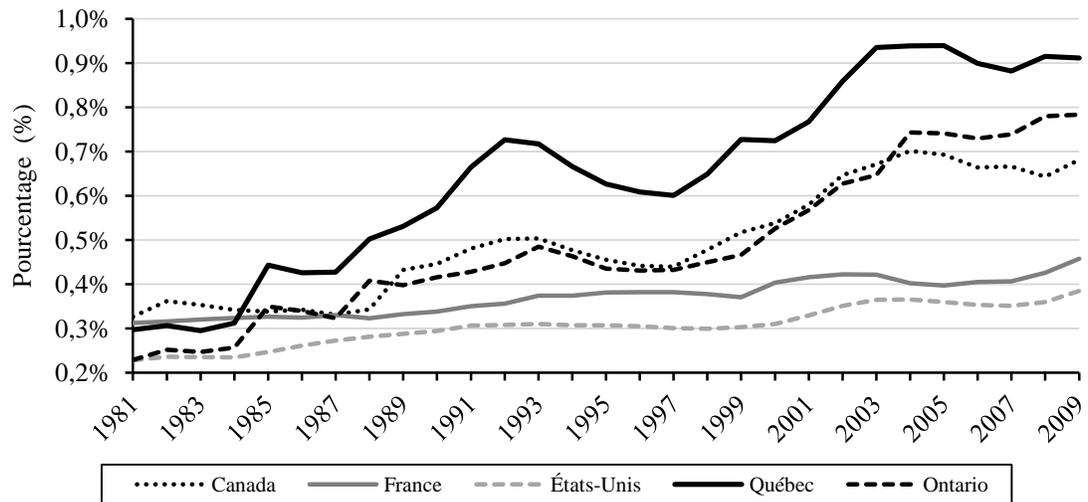
Dans le même courant de pensée, les dépenses en recherche et développement exécutées par les hautes études ( $HR_{i,t-1}$ ) se traduisent par le même type d'indicateur, soit ces dépenses en proportion du PIB. Comme il a déjà été mentionné dans la revue de la littérature, les hautes études regroupent toutes les institutions postsecondaires, mais où les universités occupent une grande place. De plus, à l'instar des dépenses en R&D exécutées par le gouvernement, celles-ci seraient moins efficaces que celles de la R&D exécutées par les entreprises d'après Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003). Ceci s'explique principalement par le fait que les universités se consacrent surtout à la recherche fondamentale.

Dans un autre ordre d'idée, au cours des trente dernières années, la part qu'occupaient les hautes études dans l'exécution de la R&D dans le total Québécois a connu une baisse, contrairement aux autres régions analysées où la proportion de la R&D exécutées par les hautes études a augmenté. Malgré tout, en 2009, le Québec était une des régions où la part de l'exécution de la R&D par les hautes études était la plus élevée avec 34,08 % de la R&D totale. Seulement le Canada et les Pays-Bas avaient une proportion d'exécution plus élevée, soit respectivement de 35,11 % et de 36,55 %.

---

<sup>19</sup> À partir de 1988 en Ontario, la recherche et développement faites par l'administration fédérale dans la Région de la Capitale nationale est incluse dans les données.

**Graphique 3.6 – Ratio des dépenses en R&D exécutées par les hautes études et du PIB réel (%)**



Le Graphique 3.6 démontre que les dépenses R&D exécutées par les hautes études en proportion du PIB ont augmenté dans toutes les juridictions. Dans les régions observées, le Québec est notamment celui où l'intensité de ces dépenses en R&D est la plus élevée, atteignant 0,91 % du PIB en 2009, se plaçant ainsi loin devant la France et les États-Unis pour lesquels ces dépenses représentent 0,46 % et 0,39 % du PIB pour la même année.

### **3.2.4 Recherche et développement des entreprises étrangères**

Nous savons déjà que Acharya et Coulombe (2005) ont utilisé la variable représentant la recherche et développement exécutée par les entreprises étrangères ( $FR_{i,t-1}$ ) qui a été développée par Coe et Helpman (1995). Ces derniers ont supposé que les dépenses en R&D exécutées par les entreprises à l'extérieur du pays pourraient profiter à la productivité du pays à travers le commerce. Ainsi, cette variable viendrait compléter l'indicateur de recherche et développement des entreprises domestiques. En effet, cette variable cumule, pour le pays  $i$ , l'intensité de la R&D qui est faite dans les autres pays ( $j = 1, 2, \dots, 15; \text{ et } j \neq i$ ) et la pondère par l'importation du pays domestique  $i$  en provenance du pays étranger  $j$ . Les données

concernant les importations de chaque pays proviennent de la base de données sur les échanges bilatéraux du Fonds monétaire international. Pour le modèle international, le calcul est fait selon la méthode :

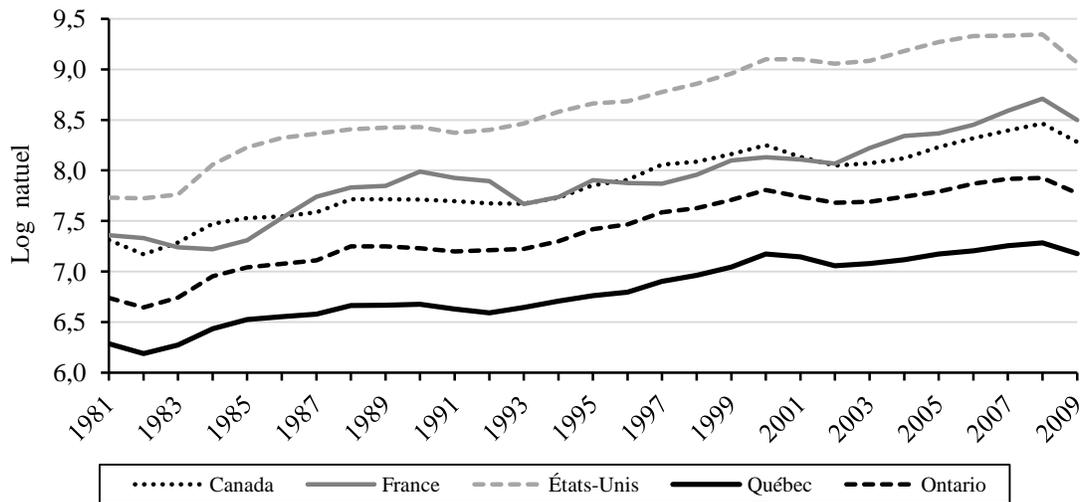
$$FR_{i,t} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{15} \frac{1}{PIB_j} * Import_{j \rightarrow i} * RD \text{ domestique}_j \quad (3.1)$$

En ce qui concerne le modèle interprovincial, une distinction s'impose. Les dépenses en recherche et développement des entreprises étrangères ( $ER_{i,t-1}$ ) ont été calculées au niveau provincial sous le même principe que celui de la R&D internationale, c'est-à-dire que cette variable cumule l'intensité de la R&D faite dans les neuf autres provinces ( $j = 1, 2, \dots, 9$ ; et  $j \neq i$ ) et la pondère par l'importation de la province domestique  $i$  en provenance de la province étrangère  $j$ . Toutefois, il était important d'inclure la perspective internationale. Le *spillover* international y a été ajouté selon l'hypothèse que l'importation internationale de chaque province était en provenance des 15 pays utilisés dans le modèle international, et ce, pondérée par la part de l'importation internationale totale de chaque province dans le total canadien. Pour le modèle interprovincial, le calcul est fait selon la méthode :

$$ER_{i,t} = \left( \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^9 \frac{1}{PIB \text{ (provincial)}_j} * Import \text{ (provincial)}_{j \rightarrow i} * RD \text{ domestique (provincial)}_j \right) + \left( \frac{Import \text{ (international total)}_i}{\sum_{j=1}^{10} Import \text{ (international total)}_j} * RD \text{ étrangère}_{Canada} \right) \quad (3.2)$$

Comme le démontre le Graphique 3.7, malgré une tendance à la hausse pour toutes les régions, l'écart entre le Québec et son plus proche voisin s'est accentué entre 1981 et 2009. En effet, l'écart de l'impact indirect de la recherche et développement exécutée par les entreprises étrangères entre le Québec et l'Ontario a augmenté durant cette période, passant de 0,45 point de pourcentage en 1981 à 0,60 point de pourcentage en 2009. La cause de l'accroissement de cet écart s'explique, entre autres, par une croissance plus rapide des importations internationales et interprovinciales ontariennes au cours de ces années.

**Graphique 3.7 – Évolution des dépenses en R&D exécutées par les entreprises étrangères (log naturel)**



### 3.3 Variables de contrôle

Cette section regroupera toutes les variables de contrôle dénotées par Acharya et Coulombe (2005) et expliquera en détail leur provenance et chacun des changements qui leur seront apportés à travers le processus de modélisation.

#### 3.3.1 Cycle économique

Une variable de contrôle pour les cycles économiques ( $CE_{i,t}$ ) a été incluse dans les deux groupes de modèles, internationaux et interprovinciaux, afin d'éliminer le plus possible les effets cycliques qui pourraient survenir lors de l'analyse des panels. D'ailleurs, plusieurs auteurs ont démontré que la productivité du travail était affectée par des facteurs cycliques. Eastrella (2004) et Rotemberg et Summers (1988) ont fait des études portant sur l'impact des cycles économiques sur la productivité et ils s'entendent pour dire que la productivité du travail varie de façon procyclique. De ce fait, lors de l'analyse de la productivité en panels, il est donc important d'utiliser une variable de contrôle pour limiter les impacts des cycles économiques.

Ce type de variable de contrôle pour les cycles économiques a été introduit dans le modèle d'Acharya et Coulombe (2005) et celui de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001). La variable d'Acharya et Coulombe (2005) qui contrôle les cycles économiques est calculée en plusieurs étapes. Les données employées afin de construire la variable utilisée dans ce mémoire proviennent de l'OCDE<sup>20</sup> et de Statistique Canada<sup>21</sup>. Premièrement, le logarithme naturel est appliqué aux données du PIB réel et, deuxièmement, celui-ci est filtré selon la méthode Hodrick-Prescott avec un paramètre de lissage standard de 1600. Finalement, la composante cyclique correspond à la différence entre le PIB observé, c'est-à-dire les données du PIB original, et le PIB estimé avec le filtre Hodrick-Prescott :

$$CE_{i,t} = \ln(\text{PIB réel observé}_{(i,t)}) - \ln(\text{PIB avec filtre HP}_{(i,t)}) \quad (3.3)$$

Il est à noter que lorsque l'écart est positif, soit au-dessus de 0, nous parlons de croissance économique et lorsque celle-ci est sous 0, nous sous-entendons un ralentissement économique. Cette variable de contrôle, à elle seule, n'offre pas la possibilité d'une analyse profonde des cycles économiques, comme le *National Bureau of Economic Research*<sup>22</sup> (NBER) le fait, mais permet d'avoir un bon proxy de la situation économique d'une région donnée.

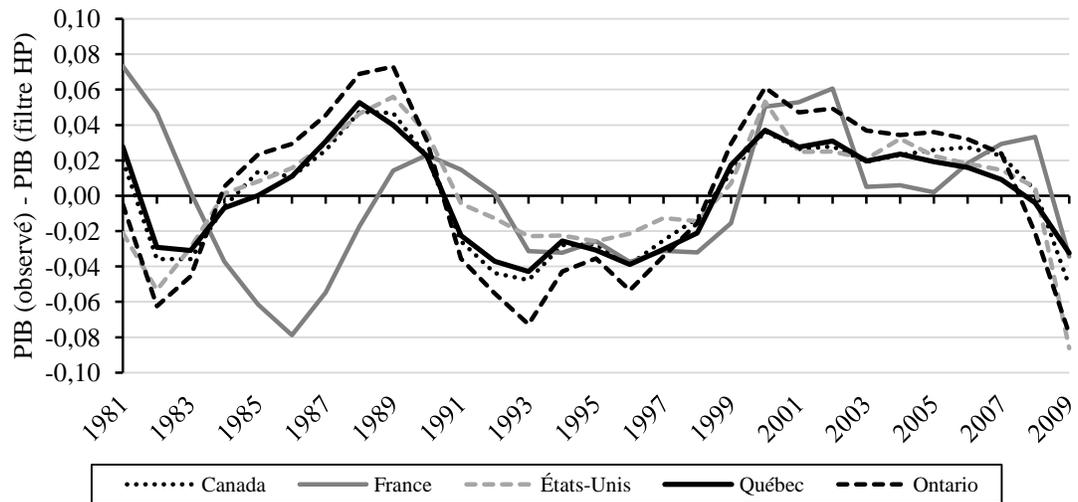
---

<sup>20</sup> Organisation de coopération et de développement économiques, base de données OECD.Stat, tableau *Produit intérieur brut par les dépenses* (sic).

<sup>21</sup> Statistique Canada, base de données du CANSIM, tableau 384-0002.

<sup>22</sup> NBER, « US Business Cycle Expansions and Contractions » [en ligne].

**Graphique 3.8 – Évolution des cycles économiques  
( $\Delta \log$  naturel)**



En regardant le Graphique 3.8, nous pouvons voir que les régions observées sont très bien intégrées économiquement, puisqu'elles ont des mouvements cycliques très similaires. Par contre, les variations relevées pour le Québec semblent avoir moins d'amplitude comparativement à celles de l'Ontario. Ce dernier a atteint de plus hauts sommets, mais aussi de plus bas creux économiques. De plus, nous remarquons que le ralentissement économique du début des années 1990 n'a été complètement compensé qu'une décennie plus tard.

### **3.3.2 Ouverture économique**

La mesure d'ouverture économique internationale ( $OI_{i,t}$ ) ajoutée dans le modèle d'Acharya et Coulombe (2005) et utilisée dans ce mémoire est un indicateur typique dans l'analyse des phénomènes macroéconomiques. Cette mesure, créée à partir des données de l'OCDE<sup>23</sup> et de Statistique Canada<sup>24</sup>, est construite en mettant la somme des importations et des exportations internationales en proportion du PIB :

<sup>23</sup> Organisation de coopération et de développement économiques, base de données OECD.Stat, tableau *Indicateurs macro-économiques de commerce*.

<sup>24</sup> Statistique Canada, base de données du CANSIM, tableau 384-0002.

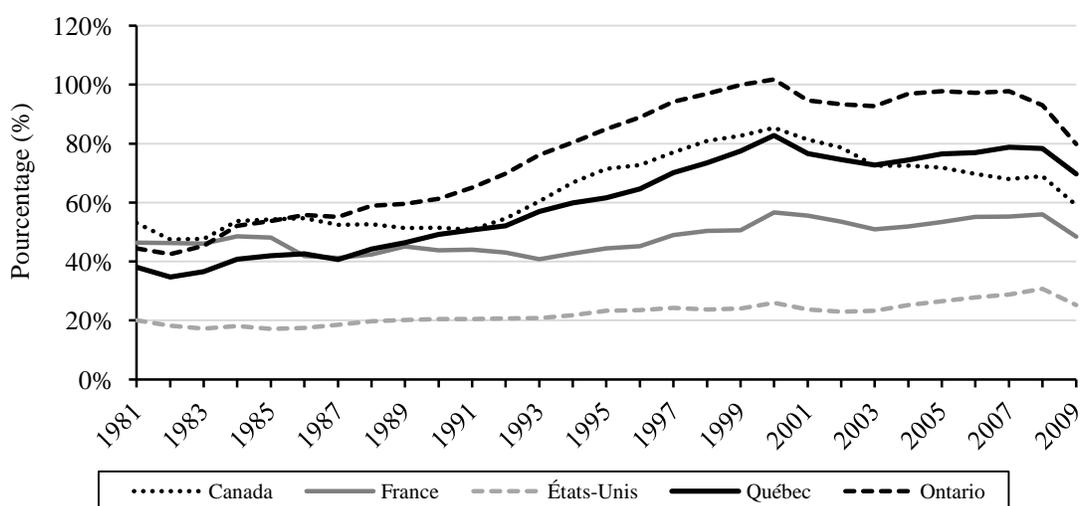
$$OI_{i,t} = \frac{\text{import}_{i,t}(\text{international}) + \text{export}_{i,t}(\text{international})}{\text{Produit intérieur brut}_{(i,t)}} \quad (3.4)$$

Il faut prendre note que le modèle interprovincial ( $OE_{i,t}$ ) inclut le commerce entre les provinces, mais aussi le commerce international :

$$OE_{i,t} = \frac{\text{import}_{i,t}(\text{international+interprovincial}) + \text{export}_{i,t}(\text{international+interprovincial})}{\text{Produit intérieur brut}_{(i,t)}} \quad (3.5)$$

, comparativement au modèle international où seulement le commerce entre pays est utilisé.

**Graphique 3.9 – Évolution de l'ouverture économique internationale (%)**



Le commerce entre pays occupe une part non négligeable de la croissance économique du Québec et de l'Ontario. Nous pouvons voir que la somme de leurs importations et de leurs exportations internationales représente 69,67 % et 79,84 % du PIB en 2009. Par contre, la croissance du commerce international du Québec et de l'Ontario a été freinée, au début des années 2000, en raison de l'éclatement de la bulle technologique<sup>25</sup> des changements géopolitiques mondiaux. Toutefois, afin de

<sup>25</sup> MDEIE, 2005. *L'économie du savoir au Québec*, p.9.

pouvoir inclure le Québec et l'Ontario dans le Graphique 3.9, seules les importations et les exportations internationales ont été utilisées. Au cours des trente dernières années, nous avons pu observer un transfert du commerce interprovincial vers le commerce international. En effet, la part du commerce international québécoise est passée de 44,08 % en 1981 à 63,45 % en 2009, comparativement l'Ontario où leur part du commerce international est passée de 50,36 % en 1981 à 71,01 % en 2009.

### **3.3.3 Investissement**

La mesure d'investissement ( $IN_{i,t}$ ) utilisée est la somme de la formation brute de capital fixe et des variations des inventaires et des acquisitions, le tout mis en proportion du produit intérieur brut :

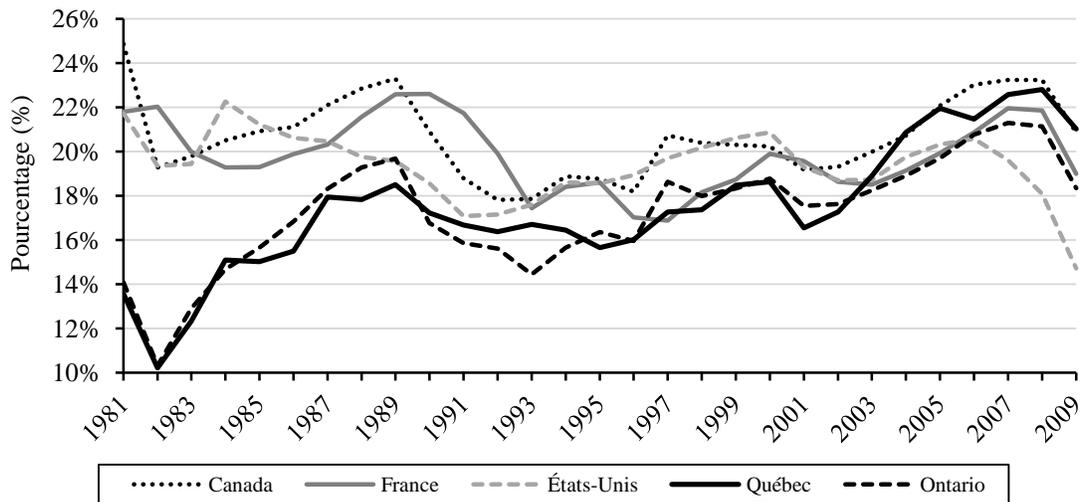
$$IN_{i,t} = \frac{\text{formation brute de capital fixe}_{(i,t)} + \Delta \text{ inventaires et des acquisitions}_{(i,t)}}{\text{Produit intérieur brut}_{(i,t)}} \quad (3.6)$$

Cette mesure qui sert au modèle international est calculée directement par le Fonds monétaire international<sup>26</sup>. En ce qui concerne le modèle interprovincial, la mesure d'investissement a été construite à partir des données de Statistique Canada<sup>27</sup> afin de se rapprocher de l'indicateur du FMI. Enfin, cette variable inclut l'investissement fait par les entreprises, mais aussi par les administrations publiques.

<sup>26</sup> Fonds monétaire international, base de données WEO-data, tableau *World Economic Outlook Database, October 2012*.

<sup>27</sup> Statistique Canada, base de données du CANSIM, tableau 384-0082.

**Graphique 3.10 – Évolution de l'investissement en proportion du PIB réel (%)**



Comme le démontre le Graphique 3.10, nous notons une tendance à la hausse en ce qui concerne les investissements faits au Québec et en Ontario. Au cours des trente dernières années, l'intensité de l'investissement fait par les entreprises et les administrations publiques du Québec s'est accrue à un rythme moyen de 1,52 % par année pour atteindre 21,02 % du PIB en 2009, se situant ainsi très près de la situation canadienne. Cette même tendance est observée en Ontario où l'investissement en proportion du PIB a augmenté, en moyenne, de 0,92 % par année au cours de la même période et a atteint 18,35 % du PIB en 2009. En comparaison, la France et les États-Unis ont tous deux atteint un ratio inférieur à celui du Québec avec respectivement 18,99 % et 14,72 % de leur PIB en 2009.

### **3.3.4 Croissance de la population**

Dans ce mémoire, deux versions de la variable de croissance de la population seront utilisées. Il est à noter que, pour ces deux versions, cette variable est calculée comme étant la différence entre le logarithme naturel de la population au temps  $t$  et celui au temps  $t-1$ .

Dans un premier temps, la croissance de la population totale ( $\Delta NT_{i,t}$ ) sera introduite dans un modèle :

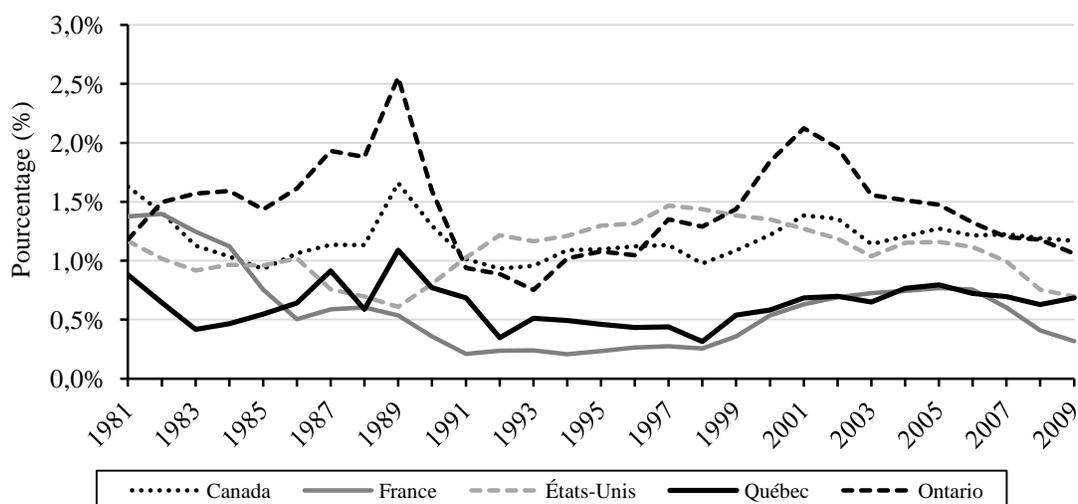
$$\Delta NT_{i,t} = \ln(\text{Population totale}_{(i,t)}) - \ln(\text{Population totale}_{(i,t-1)}) \quad (3.7)$$

Dans un deuxième temps, la croissance de la population des 15 à 64 ans ( $\Delta PA_{i,t}$ ) remplacera celle mentionnée auparavant :

$$\Delta PA_{i,t} = \ln(\text{Population 15 - 64 ans}_{(i,t)}) - \ln(\text{Population 15 - 64 ans}_{(i,t-1)}) \quad (3.8)$$

Étant donné la construction de la variable dépendante des autres modèles de la littérature, il était impossible d'employer la croissance de la population des 15 à 64 ans, puisque celle-ci était au dénominateur du PIB par travailleur potentiel. Par contre, le modèle de ce mémoire utilisera la productivité par heure travaillée, ce qui nous permet d'inclure une variable de contrôle de la population qui se rapproche de l'idée d'un bassin de main-d'œuvre disponible. Cette variable exclut donc les individus qui ne contribuent pas, en théorie, à la croissance de la production, soit les enfants de moins de 15 ans et les retraités de plus de 64 ans.

**Graphique 3.11 – Croissance de la population des 15-64 ans (%)**



Comme nous pouvons le voir dans le Graphique 3.11, la croissance de la population des 15 à 64 ans est relativement stable au Québec entre 1981 et 2009, soit une moyenne de 0,62 % par année, comparativement à 1,44 % pour l'Ontario, 1,18 % pour le Canada, 1,07 % pour les États-Unis et 0,58 % pour la France. Par contre, la proportion de la population des 15-64 ans du Québec dans la population totale du Canada est passée de 27,28 % en 1981 à 23,14 % en 2009, contrairement à l'Ontario qui avait une proportion de 36,73 % en 1981 et de 39,47 % des travailleurs canadiens âgés de 15 à 64 ans en 2009.

### **3.4 Modélisation**

La présente section se divisera en deux sous-sections qui exposeront respectivement les spécifications des modèles et les méthodes d'estimation. La sous-section concernant les spécifications des modèles éclaircira les choix qui ont été faits entre le modèle original d'Acharya et Coulombe (2005) et les modèles finaux de ce mémoire. De plus, la sous-section à propos des méthodes d'estimation fournira les spécifications techniques pour l'analyse des résultats du chapitre suivant.

#### **3.4.3 Spécifications des modèles**

Plusieurs itérations du modèle d'Acharya et Coulombe (2005) ont été réalisées et analysées aux niveaux international et interprovincial, mais seulement quatre de celles-ci seront présentées comme modèles finaux<sup>28</sup>. L'analyse des deux modèles internationaux portera sur les mêmes 16 pays de l'OCDE<sup>29</sup> utilisés par ces auteurs. Par contre, les deux modèles au niveau interprovincial innoveront en appliquant les mêmes modèles aux dix provinces du Canada<sup>30</sup>. De plus, cette analyse ajoutera neuf

---

<sup>28</sup> Fait à remarquer, des modèles intermédiaires ont été construits et analysés entre les modèles n°1 et n°3, ainsi qu'entre les modèles n°2 et n°4, mais ceux-ci n'ont pas été introduits dans le texte. Ces modèles intermédiaires démontrent l'impact qu'a eu le changement de variable dépendante sur les coefficients, tout en gardant la variable de contrôle de la population totale. Les résultats de ces modèles sont en Annexe III et sont annotés modèle intermédiaire n° 1.1 et n° 2.1.

<sup>29</sup> Australie, Belgique, Canada, Danemark, Finlande, France, Allemagne, Irlande, Italie, Japon, Pays-Bas, Norvège, Espagne, Suisse, Royaume-Uni, États-Unis.

<sup>30</sup> Terre-Neuve-et-Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard, Nouvelle-Écosse, Nouveau-Brunswick, Québec, Ontario, Manitoba, Saskatchewan, Alberta, Colombie-Britannique.

ans aux panels analysés par Acharya et Coulombe (2005), elle se fera donc sur la période de 1981 à 2009.

Comme il a été mentionné ci-dessus, le groupe de modèles ayant comme variable dépendante le PIB par travailleur potentiel a été construit sous la contrainte de l'accessibilité des données, afin de s'approcher le plus près possible du modèle original d'Acharya et Coulombe (2005). En ce sens, les données internationales utilisées proviennent exclusivement de l'OCDE et du FMI. De plus, puisque les données en provenance de l'OCDE remplacent celles du *Penn World Table*, le retrait d'une variable de contrôle pour les données de l'Allemagne a été fait. Cette variable se justifiait dans le modèle de ces auteurs dans le sens où elle contrôlait les données se référant à la période de la chute de l'Union des républiques socialistes soviétiques en 1991. L'harmonisation des données qui a été faite par l'OCDE selon le Système de comptabilité nationale de 1993 vient pallier ce problème et expliquer le retrait de cette variable dans les modèles internationaux.

Dans les quatre modèles construits, une division des dépenses en recherche et développement du secteur public en deux catégories a aussi été faite, comme c'est le cas dans Acharya et Coulombe (2005). Elles se déclinent ainsi : d'une part, les dépenses exécutées par le gouvernement et, d'autre part, celles exécutées par les hautes études. Comme il a été énoncé dans la revue de la littérature, ces auteurs ont analysé l'impact de ces dépenses en R&D en trois modèles distincts, soit les dépenses exécutées par le secteur public, par le gouvernement et par les hautes études. Par contre, ces quatre modèles présentés se distinguent légèrement du modèle de ces auteurs, puisque ceux-ci analysent l'ensemble des dépenses en recherche et développement exécutées. Bref, le modèle n° 1, qui utilise les données internationales, se présente de la façon suivante:

**Modèle n° 1:**

$$\begin{aligned}
\Delta YR_{i,t} = & \alpha_y YR_{i,t-1} + \alpha_{ce} CE_{i,t} + \alpha_{in} \ln(IN_{i,t}) + \alpha_{nt} \Delta NT_{i,t} + \alpha_{oi} \ln(OI_{i,t}) \\
& + \alpha_{fr} \ln(FR_{i,t-1}) + \alpha_{br} \ln(BR_{i,t-1}) + \alpha_{gr} \ln(GR_{i,t-1}) + \alpha_{hr} \ln(HR_{i,t-1}) \\
& + \gamma_{fr} \Delta FR_{i,t} + \gamma_{br} \Delta BR_{i,t} + \gamma_{gr} \Delta GR_{i,t} + \gamma_{hr} \Delta HR_{i,t} \\
& + \phi_i + \theta_t + u_{i,t}
\end{aligned} \tag{3.10}$$

Comme il a été dit auparavant, la variable dépendante ( $\Delta YR_{i,t}$ ) est relative à la croissance du PIB par travailleur potentiel des modèles de Mankiw, Romer et Weil (1992), de Nonneman et Vanhoudt (1996) et d'Acharya et Coulombe (2005), soit un ratio du PIB réel et de la population des 15-64 ans. Cette définition est analysée avec la méthode de la première différence; ce qui élimine tous les effets non observables des pays ou des provinces. En ce qui concerne les variables ( $BR_{i,t-1}$ ), ( $GR_{i,t-1}$ ) et ( $HR_{i,t-1}$ ), elles représentent respectivement les dépenses en R&D exécutées par les entreprises, par le gouvernement et par les hautes études, et chacune d'elles sont mises en proportion du produit intérieur brut. Ces trois variables de recherche et développement sont incluses dans les modèles internationaux et interprovinciaux. Une quatrième variable de R&D a été incluse dans le modèle, celle-ci complète la variable de recherche et développement faite par les entreprises domestiques. Elle contrôle l'impact indirect que pourraient avoir les dépenses en R&D exécutées par les entreprises étrangères ( $FR_{i,t-1}$ ) sur la croissance du PIB par travailleur potentiel dans le pays domestique. Comme nous l'avons vu dans la section précédente, ces dépenses sont mises en proportion du PIB du pays concerné, tout en étant pondérées par les importations bilatérales du pays domestique. Finalement, ces quatre variables représentant les différentes dépenses en R&D sont retardées d'une période afin d'analyser l'impact contemporain des dépenses passées, comme dans le modèle original d'Acharya et Coulombe (2005). De plus, ces variables ont été instrumentées sous la forme de la première différence ( $\Delta FR_{i,t}$ ), ( $\Delta BR_{i,t}$ ), ( $\Delta GR_{i,t}$ ), ( $\Delta HR_{i,t}$ ) afin de contrôler pour leur corrélation avec le terme d'erreur du modèle. L'utilisation de la première différence des variables explicatives est typique des modèles en panels dynamiques. Une interprétation plus étendue de l'impact économétrique de ce type

de modèle sera faite ultérieurement dans la section concernant les méthodes d'estimation.

Étant donné la caractéristique temporelle de ce modèle, plusieurs variables de contrôle y ont été introduites, dont le logarithme naturel du PIB par travailleur potentiel retardé d'une période ( $YR_{i,t-1}$ ). Cette variable est nécessaire afin de calculer l'élasticité de long terme et d'examiner la convergence entre pays; elle fait référence au modèle de Solow (1956). De plus, la variable ( $CE_{i,t}$ ) contrôle l'effet que pourrait avoir les mouvements cycliques de l'économie sur les variables explicatives. La variable de contrôle du capital financier ( $IN_{i,t}$ ) est représentée par l'investissement total en proportion du PIB. La variable contrôle pour le bassin de population ( $\Delta NT_{i,t}$ ) est représentée par la croissance de la population totale. Une dernière variable de contrôle a été ajoutée au modèle, soit la variable d'ouverture économique ( $OI_{i,t}$ ) qui sert à contenir les effets du commerce international. De plus, un paramètre d'effet de temps ( $\theta_t$ ) et un paramètre spécifique à chaque pays ( $\phi_i$ ) ont été inclus dans le modèle.

En ce qui concerne le modèle n°2 évaluant la croissance du PIB par travailleur potentiel au niveau interprovincial, deux variables ont été modifiées. En effet, dû à des méthodes de calcul différentes, la variable ( $OE_{i,t}$ ) remplace désormais la variable ( $OI_{i,t}$ ), et la variable ( $ER_{i,t-1}$ ) remplace la variable ( $FR_{i,t-1}$ ). Par ailleurs, celles-ci représentent toujours respectivement l'ouverture économique et les dépenses en R&D exécutées par les entreprises étrangères. Le modèle n° 2 se présente de la façon suivante :

**Modèle n° 2:**

$$\begin{aligned} \Delta YR_{i,t} = & \alpha_y YR_{i,t-1} + \alpha_{ce} CE_{i,t} + \alpha_{in} \ln(IN_{i,t}) + \alpha_{nt} \Delta NT_{i,t} + \alpha_{oe} \ln(OE_{i,t}) \\ & + \alpha_{er} \ln(ER_{i,t-1}) + \alpha_{br} \ln(BR_{i,t-1}) + \alpha_{gr} \ln(GR_{i,t-1}) + \alpha_{hr} \ln(HR_{i,t-1}) \\ & + \gamma_{er} \Delta ER_{i,t} + \gamma_{br} \Delta BR_{i,t} + \gamma_{gr} \Delta GR_{i,t} + \gamma_{hr} \Delta HR_{i,t} \\ & + \phi_i + \theta_t + u_{i,t} \end{aligned} \quad (3.11)$$

Pour ce qui est des deux prochains modèles, quelques changements ont été effectués. Dans un premier temps, la définition de la variable dépendante a été modifiée afin de représenter la productivité par heure travaillée au lieu du PIB par travailleur potentiel. Cette nouvelle définition amène une autre perspective au modèle développé par Acharya et Coulombe (2005). En effet, cette modification vise à approcher l'impact de la recherche et développement sur la productivité d'un autre angle; cette variable est plus près du concept moderne de productivité de la main-d'œuvre. De plus, cette nouvelle variable dépendante change l'interprétation que nous pouvons avoir des mouvements de la croissance. Comme il a été mentionné plus haut, le ratio du PIB et des heures travaillées implique nécessairement le côté culturel du travail, c'est-à-dire l'intensité du travail dans la croissance de la production de la juridiction, ce qui amène plusieurs éléments nouveaux dans l'analyse. De ce fait, l'utilisation de la productivité par heure travaillée devenait plus appropriée afin d'analyser l'impact de la R&D au niveau provincial. Dans un deuxième temps, la variable de contrôle de la croissance de la population est maintenant représenté par la population des individus âgés de 15 à 64 ans ( $\Delta PA_{i,t}$ ) au lieu de la population totale ( $\Delta NT_{i,t}$ ). Cette modification vient du changement de la variable dépendante. Le changement de cette dernière a permis de raffiner la variable de contrôle de la population tout en respectant certaines restrictions économétriques. La spécification générale du modèle n° 3 analysant la croissance de la productivité par heure travaillée au niveau international a donc été estimée par l'équation :

**Modèle n° 3:**

$$\begin{aligned} \Delta YH_{i,t} = & \alpha_y YH_{i,t-1} + \alpha_{ce} CE_{i,t} + \alpha_{in} \ln(IN_{i,t}) + \alpha_{pa} \Delta PA_{i,t} + \alpha_{oi} \ln(OI_{i,t}) \\ & + \alpha_{fr} \ln(FR_{i,t-1}) + \alpha_{br} \ln(BR_{i,t-1}) + \alpha_{gr} \ln(GR_{i,t-1}) + \alpha_{hr} \ln(HR_{i,t-1}) \\ & + \gamma_{fr} \Delta FR_{i,t} + \gamma_{br} \Delta BR_{i,t} + \gamma_{gr} \Delta GR_{i,t} + \gamma_{hr} \Delta HR_{i,t} \\ & + \phi_i + \theta_t + u_{i,t} \end{aligned} \quad (3.12)$$

Comme nous pouvons le voir, l'ensemble des variables de contrôle et des variables explicatives sont restées inchangées dans le modèle n°3 international par rapport au

modèle n°1 international, à l'exception de la variable dépendante ( $\Delta YH_{i,t}$ ) et de la variable de contrôle pour la croissance de la population ( $\Delta PA_{i,t}$ ). Nous notons ici que la variable de contrôle ( $YH_{i,t-1}$ ) représente encore le point de départ de la croissance, mais qu'elle est maintenant attribuable à la productivité par heure travaillée.

Le dernier modèle analysé dans ce mémoire, soit le modèle n°4, fait suite à celui précédemment mentionné. En effet, puisque celui-ci analyse la productivité par heure travaillée au niveau interprovincial, il est sujet à des modifications de la même ampleur que celles qui ont été faites au modèle n°2. En ce sens, la variable ( $OI_{i,t}$ ) est remplacée par ( $OE_{i,t}$ ), et la variable ( $FR_{i,t-1}$ ) est remplacé la variable ( $ER_{i,t-1}$ ). Ce dernier modèle se présente somme suit :

#### **Modèle n° 4:**

$$\begin{aligned} \Delta YH_{i,t} = & \alpha_y YH_{i,t-1} + \alpha_{ce} CE_{i,t} + \alpha_{in} \ln(IN_{i,t}) + \alpha_{pa} \Delta PA_{i,t} + \alpha_{oe} \ln(OE_{i,t}) \\ & + \alpha_{er} \ln(ER_{i,t-1}) + \alpha_{br} \ln(BR_{i,t-1}) + \alpha_{gr} \ln(GR_{i,t-1}) + \alpha_{hr} \ln(HR_{i,t-1}) \\ & + \gamma_{er} \Delta ER_{i,t} + \gamma_{br} \Delta BR_{i,t} + \gamma_{gr} \Delta GR_{i,t} + \gamma_{hr} \Delta HR_{i,t} \\ & + \phi_i + \theta_t + u_{i,t} \end{aligned} \quad (3.13)$$

### **3.4.4 Méthodes d'estimation**

Les différents modèles mentionnés à la section précédente ont été estimés selon trois méthodes économétriques distinctes<sup>31</sup>. Premièrement, la méthode d'estimation par système d'équations en apparence non reliées, ou *Seemingly Unrelated Regression* (SUR), a été utilisée. L'emploi du SUR comporte plusieurs avantages, en particulier il permet de prendre en compte les corrélations contemporaines non observables entre les pays, ou les provinces, perpétrées par des chocs macroéconomiques où chacune des régions serait affectée individuellement. Cette méthode développée par Zellner

<sup>31</sup> Il aurait été intéressant d'utiliser l'estimateur Arellano-Bond puisque son utilisation nécessite certains critères que nos modèles possèdent. Par contre, cet estimateur a été conçu pour un panel ayant beaucoup d'individu  $i$ , mais ayant un temps  $t$  relativement petit. Cette situation est contraire au panel utilisé dans ce mémoire puisque nous disposons de 16 pays et de 28 années. De ce fait, cet estimateur génère un nombre exponentiel d'instruments, ce qui rend l'utilisation de l'estimateur Arellano-Bond impossible.

(1962) implique que chaque région est régressée de façon indépendante et a un terme d'erreur spécifique. Nous disons que les équations sont reliées entre elles à cause du terme d'erreur contemporain qui pourrait être associé à la variable dépendante. Il faut tenir compte du fait qu'une contrainte d'égalité entre les paramètres des différentes équations a été forcée afin de bien identifier le modèle.

La deuxième méthode d'estimation qui a été utilisée est celle des moindres carrés généralisés faisables, ou *Feasible General Least Square* (FGLS). Cette méthode est utilisée lorsque l'on estime des modèles en panels où la variance est inconnue. Étant donné que nous utilisons des données sur plusieurs périodes pour plusieurs régions, nous devons imposer que l'erreur soit robuste à hétéroscédasticité. De plus, pour les mêmes raisons que pour la méthode SUR, nous devons supposer que les régions sont corrélées entre elles de façons contemporaines et non observables. En ayant spécifié, lors de l'estimation, que la structure de l'erreur est hétéroscédastique avec une corrélation entre les juridictions, nous pouvons nous assurer que les coefficients ne sont pas biaisés et respectent les hypothèses de Gauss-Markov.

La troisième méthode d'estimation utilisée, afin d'estimer l'impact des dépenses en recherche et développement, est la méthode de doubles moindres carrés ordinaires, ou *Two Stage Least Square* (2SLS). Cette forme d'estimation est utilisée lorsque nous supposons que certaines variables explicatives sont déterminées par des variables qui ne sont pas incluses dans le modèle. Ceci compromet l'hypothèse d'exogénéité des variables explicatives et biaise les résultats. Dans ce cas, nous devons les traiter comme des variables endogènes qui doivent être instrumentées. Sous l'hypothèse que les instruments utilisés sont valides, nous pouvons, dans un premier temps, estimer ces variables endogènes à l'aide de ces instruments et, dans un deuxième temps, utiliser les prédictions de ces variables dans le modèle principal et l'estimer par moindre carré ordinaire.

En nous basant sur l'article d'Acharya et Coulombe (2005), trois variables devaient être considérées comme endogènes et instrumentalisés, soit : les variables d'investissement, d'ouverture économique et de la productivité retardée d'une période. Selon ces auteurs, nous devons instrumentaliser ces variables avec leur période précédente respective; c'est-à-dire que les instruments utilisés sont l'investissement et l'ouverture économique retardée d'une période. À cette liste d'instruments, nous ajoutons la croissance de la population retardée d'une période ainsi que la productivité retardée de deux périodes.

Lors de l'analyse des modèles internationaux et interprovinciaux présentés ci-dessus, des tests d'Hausman ont été effectués afin de déterminer si un effet aléatoire ou un effet fixe devait être utilisé. Étant donné que les résultats de tests de tous les modèles nous indiquaient qu'il y avait une différence systématique, l'hypothèse nulle supposant que les deux méthodes d'estimation étaient équivalentes a été rejetée. De ce fait, nous nous sommes retournés vers l'hypothèse alternative comme quoi l'estimation devait être faite par effets fixes.

Étant donné que le nombre d'instruments qui n'était pas inclus dans le modèle dépassait le nombre de variables endogènes du modèle, ce dernier était sur-identifié. Il a donc fallu faire un test sur les restrictions de suridentification afin de nous assurer que les instruments qui n'étaient pas inclus dans l'équation n'étaient pas corrélés au terme d'erreur. En effet, considérant l'utilisation d'instruments et de données de panels, un test de suridentification du modèle développé par Baum, Schaffer et Stillman (2003) a été utilisé. Suite aux résultats de ces tests utilisant la statistique de Sargan-Hansen, nous ne pouvions rejeter l'hypothèse nulle comme quoi les instruments excluent de l'équation étaient valides et donc, non corrélés avec le terme d'erreur. Suite à ces tests, nous avons été capables de conclure que les instruments pouvaient être utilisés afin de contrôler l'endogénéité des variables d'investissement, d'ouverture économique et de la productivité retardée d'une période, ce qui est venu appuyer le modèle d'Acharya et Coulombe (2005).

Dans ce chapitre, nous avons mis en contexte chacune des variables qui sont utilisées dans ce mémoire. De plus, nous avons fait une description détaillée des modèles sur lesquels l'analyse est effectuée, tout comme nous l'avons fait pour les méthodes d'estimation. La section suivante comprendra une analyse complète des résultats obtenus et une comparaison de ceux-ci sera faite avec les modèles de littérature ciblée.

## **Chapitre 4. Résultats**

Le présent chapitre mettra en évidence les résultats des quatre modèles précédemment expliqués. Ceux-ci seront présentés en deux temps : premièrement, une analyse des résultats internationaux sera faite afin d'établir une base de comparaison avec ceux obtenus dans la littérature sélectionnée à cette fin. L'analyse se poursuivra, dans un deuxième temps, au niveau interprovincial, où un lien direct sera fait avec les modèles précédents. De plus, les trois méthodes d'estimation seront présentées de façon subséquente pour chacune des variables, soit : la méthode du système d'équations en apparence non reliées (SUR), la méthode des moindres carrés généralisés faisables (FGLS) et la méthode du double moindre carré ordinaire (2SLS). Par la suite, une mise en contexte des résultats interprovinciaux sera faite afin d'apporter des explications sur la divergence de l'impact de la recherche et développement des entreprises provinciales par rapport au modèle international.

### **4.1 Analyse des modèles internationaux**

Le premier modèle se rapporte directement au modèle d'Acharya et Coulombe (2005), puisqu'il utilise le PIB par travailleur potentiel comme variable dépendante comparativement au troisième modèle, où celui-ci utilise la productivité par heure travaillée comme variable dépendante. Le Tableau 4.1 ci-dessous fait état des différents résultats obtenus avec la méthode d'estimation et le modèle désiré. Les résultats détaillés de chaque modèle international sont présentés à l'Annexe III.

Tableau 4.1 – Sommaire des résultats concernant les modèles internationaux

Variables	Estimation par SUR		Estimation par FGLS		Estimation par 2SLS	
	Modèle ( $\Delta YR_{i,t}$ )	Modèle ( $\Delta YH_{i,t}$ )	Modèle ( $\Delta YR_{i,t}$ )	Modèle ( $\Delta YH_{i,t}$ )	Modèle ( $\Delta YR_{i,t}$ )	Modèle ( $\Delta YH_{i,t}$ )
	n°1	n°3	n°1	n°3	n°1	n°3
( $YR_{i,t-1}$ ) - PIB par travailleur potentiel	- 0,1185***		- 0,0942***		- 0,1556***	
( $YH_{i,t-1}$ ) - Productivité par heure travaillée		- 0,1072***		- 0,0765***		- 0,1303***
( $CE_{i,t}$ ) - Cycle économique	0,3204***	0,2888***	0,3054***	0,2269***	0,4613***	0,3865***
( $IN_{i,t}$ ) - Investissement	- 0,0703***	- 0,1184***	- 0,0114*	- 0,0360***	- 0,1327***	- 0,1621***
( $\Delta NT_{i,t}$ ) - Croissance de la population totale	- 0,0379		- 0,0019		- 0,0700	
( $\Delta PA_{i,t}$ ) - Croissance de la population 15-64		0,1124***		0,0081**		0,0607*
( $OI_{i,t}$ ) - Ouverture économique	0,0587***	0,0161**	0,0068*	0,0230***	- 0,0071	- 0,0466***
( $FR_{i,t-1}$ ) - R&D des entreprises étrangères	0,0241***	- 0,0015	- 0,0021	- 0,0109***	0,0233**	0,0028
( $BR_{i,t-1}$ ) - R&D des entreprises domestiques	0,0178***	0,0165***	0,0145***	0,0093***	0,0271***	0,0230***
( $GR_{i,t-1}$ ) - R&D du gouvernement	0,0013	0,0042	0,0091***	0,0107***	- 0,0036	0,0062
( $HR_{i,t-1}$ ) - R&D des hautes études	- 0,0190***	- 0,0055	- 0,0082***	- 0,0074**	- 0,0348***	- 0,0244**

\*\*\* P-Value < 0.01, \*\* P-Value < 0.05, \* P-Value < 0.10

De façon générale, les résultats obtenus pour les modèles internationaux sont similaires à ceux obtenus par Acharya et Coulombe (2005). Les coefficients sont relativement stables entre les méthodes d'estimation, mais l'estimation par 2SLS offre des coefficients plus élevés que ceux obtenus par SUR et FGLS.

En analysant plus en détail le Tableau 4.1, nous pouvons dire que la variable de contrôle pour le PIB par travailleur potentiel retardé ( $YR_{i,t-1}$ ) est statistiquement significative à moins de 1% et représente la vitesse de convergence vers le point stationnaire. En effet, pour le modèle n° 1, la vitesse de convergence varie entre 9,42 % et 15,56 %, ce qui est très similaire à celle trouvée par Acharya et Coulombe (2005), soit de 6,7 % à 11,7 %. Lorsque nous examinons le modèle n° 3, nous voyons que l'impact de la productivité par heure travaillée retardé ( $YH_{i,t-1}$ ) est relativement moindre, soit entre 7,65 % et 13,03 %.

Pour ce qui est de la variable de contrôle des cycles économiques ( $CE_{i,t}$ ) des modèles internationaux, l'impact d'une variation de 1 % du cycle économique sur la croissance du PIB par travailleur potentiel s'établit entre 22,69 % et 46,13 %. Cette

variable réagit de la même façon que celle des modèles d'Acharya et Coulombe (2005), c'est-à-dire qu'une même variation aurait un impact de 11,3 % à 31,3 % sur la croissance. Selon Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001), l'utilisation du produit intérieur brut comme variable de contrôle pourrait mener à une surestimation de son impact sur la croissance. Néanmoins, cette variable offre une interprétation logique face aux mouvements cycliques.

Comme le démontre le Tableau 4.1, l'investissement ( $IN_{i,t}$ ) a un impact négatif et significatif à 1 % sur la productivité de la main-d'œuvre. Ceci est contre-intuitif et contraire à ce qui a été démontré dans les études concernant la productivité, notamment celles de Solow (1956), de Mankiw, Romer et Weil (1992), de Nonneman et Vanhoudt (1996) et d'Acharya et Coulombe (2005). Par contre, cette situation peut s'expliquer en deux points. D'abord, les données utilisées dans ces modèles diffèrent au niveau de la source de données. Comme il a été mentionné dans la dernière section, Acharya et Coulombe (2005) s'appuient sur les données d'investissement en provenance du *Penn World Table*, tandis que nous utilisons les données en provenance de l'OCDE. Ensuite, elles diffèrent en tant que méthode de calcul, puisque les données d'investissement se réfèrent à la part de l'investissement dans le PIB per capita calculée selon l'agrégation de Geary<sup>32</sup>, ce qui n'est pas le cas pour les données utilisées dans notre analyse. Ceci étant dit, les modèles présentés au Tableau 4.1 suggèrent qu'une augmentation de 1 % de l'intensité de l'investissement total impliquerait une diminution de la croissance du PIB par travailleur potentiel de 7,03 % à 13,27 %, alors que, pour le modèle n° 3, nous observerions une diminution de la croissance de la productivité par heure travaillée de 3,60 % à 16,21 %. Bref, ces deux arguments peuvent donner une piste de solution quant à la divergence entre les résultats obtenus dans ces modèles et ceux proposés par Acharya et Coulombe (2005) et les auteurs les précédant.

La variable de croissance de la population totale ( $\Delta NT_{i,t}$ ) n'a aucun impact significatif sur la croissance du PIB par travailleur potentiel. Par contre, la croissance

---

<sup>32</sup> Penn world table, 2004. *PWT6 Technical Documentation*, p.5.

de la population âgée entre 15 et 64 ans ( $\Delta PA_{i,t}$ ) a un impact positif et significatif sur la croissance de la productivité par heure travaillée. Une augmentation de 1 % de cette croissance a un impact se situant entre 6,07 % et 11,24 %, ce qui est relativement différent des résultats obtenus par Acharya et Coulombe (2005), lesquels ont observé un impact négatif entre 0,6 % et 1,2 %.

Les résultats de la dernière variable de contrôle, soit celles relatives à l'ouverture économique ( $OI_{i,t}$ ), sont comparables à ceux d'Acharya et Coulombe (2005), c'est-à-dire que le commerce aurait un impact positif et significatif sur le PIB par travailleur potentiel à partir des méthodes d'estimation SUR et FGLS. De façon générale, pour une augmentation de 1 % de l'ouverture économique, la croissance augmenterait de 0,68 % à 2,30 %, selon la méthode d'estimation, tandis que le modèle d'Acharya et Coulombe (2005) trouvait qu'une même augmentation avait un impact de 1,9 % à 3,5 %. Ceci n'est pas surprenant étant donné les résultats de plusieurs études, dont celle de Fernandes et Isgut (2005), qui démontre un impact positif des exportations sur la productivité totale des facteurs au niveau des firmes, d'où l'expression *learning-by-exporting*. Par contre, la méthode d'estimation par 2SLS offre des résultats négatifs et significatifs pour le modèle n° 3.

La relation qu'ont les dépenses en recherche et développement exécutées par les entreprises ( $BR_{i,t-1}$ ) et la croissance du PIB par travailleur potentiel est très similaire à celle qu'Acharya et Coulombe (2005) ont trouvée. Autant dans le modèle du PIB par travailleur potentiel que dans celui de la productivité par heure travaillée, l'impact est positif et significatif à moins de 1 %. Comme les tableaux de l'Annexe III le démontrent, l'élasticité de long terme des dépenses en R&D des entreprises est en moyenne 0,1593 pour le premier modèle et de 0,1507 pour le troisième. Celles-ci sont relativement moins élevées que celles obtenues par Acharya et Coulombe (2005), qui, eux, ont obtenu des élasticités se situant entre 0,24 et 0,50. Ceci implique qu'un pays où l'intensité de la recherche et développement des entreprises est plus élevée de 10 % que celle de la moyenne des pays aurait une croissance du PIB par travailleur potentiel de 1,593 % plus élevée, comparativement à 2,4 % à 5,0 % pour

Acharya et Coulombe (2005). En imposant le même calcul à la variable de R&D utilisée par Nonneman et Vanhoudt (1996), nous trouvons une élasticité de 0,2287, ce qui est comparable avec nos résultats. De plus, Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001) ont remarqué une élasticité de long terme de 0,132, ce qui est encore plus près des résultats obtenus pour les modèles internationaux. Par contre, comme il a été mentionné auparavant, ces auteurs analysent l'impact des dépenses en recherche et développement sur la productivité totale des facteurs, ce qui diffère des variables utilisées au modèle n° 1 et n° 3.

Lorsque nous examinons les résultats du Tableau 4.1, nous nous apercevons que les coefficients des dépenses en R&D exécutées par le gouvernement ( $GR_{i,t-1}$ ) ne sont pas significatifs sauf pour l'estimation par FGLS, où ceux-ci auraient un impact positif sur la productivité, mais relativement plus faible que les autres types de dépenses en R&D. Donc malgré que celles-ci ont une proportion plus faible que les autres dépenses dans l'économie, l'implication gouvernementale en recherche et développement semble tout de même avoir un impact sur la croissance. En effet, ces dernières auraient une élasticité de long terme de 0,0966 pour le PIB par travailleur potentiel et de 0,1399 pour la productivité par heure travaillée. Par contre, celles exécutées par les hautes études ( $HR_{i,t-1}$ ) auraient un impact négatif et significatif à moins de 1 % pour le modèle n° 1 et significatif à 5 % pour le modèle n° 3. Plusieurs facteurs peuvent expliquer l'impact négatif de ces dépenses, notamment le fait que la sphère des hautes études se consacre principalement à la recherche fondamentale. Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001) et Reich (2008) ont fait mention que l'impact de la recherche fondamentale peut mieux s'observer sur une perspective de long terme. Nous pourrions interpréter ces propos en supposant qu'un délai d'une seule année ne serait pas assez long pour voir l'impact de ce type de recherche et qu'il faudrait augmenter l'horizon d'étude pour cette variable. Contrairement aux dépenses du gouvernement, l'élasticité de long terme des hautes études s'étale de - 0,0870 à - 0,2237 pour le modèle n° 1 et de - 0,0967 à - 0,1873 pour le modèle n° 3. Acharya et Coulombe (2005) offrent des résultats mitigés en ce qui se rapporte aux élasticités relatives à ceux du gouvernement et des hautes études, mais déterminent

les élasticités de long terme comme étant positives; elles s'étalent de 0,06 à 0,24. Les résultats de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001) vont dans le même sens puisque ceux-ci dénotent une élasticité de long terme de 0,171 entre les dépenses en recherche et développement publiques et la productivité totale des facteurs.

Finalement, les résultats obtenus pour les dépenses en recherche et développement exécutées par les entreprises étrangères ( $FR_{i,t-1}$ ) sont positifs et significatifs à 1 % en ce qui concerne le modèle n° 1. En effet, l'élasticité calculée se situe entre 0,1497 et 0,2034 selon la méthode d'estimation 2SLS et SUR, ce qui concorde avec celles d'Acharya et Coulombe (2005). Ces auteurs ont trouvé une élasticité de long terme de la R&D pour le PIB par travailleur potentiel, laquelle se situe entre 0,32 et 0,54, comparativement aux travaux de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001), qui, eux, ont trouvé une élasticité de 0,459. Par contre, lorsque la même analyse est faite pour la productivité par heure travaillée, l'élasticité de long terme de la R&D des entreprises étrangères se révélerait négative, soit à - 0,1425. Nous pouvons ainsi observer que cette variable est sensible à la définition de la productivité et que son interprétation doit être faite avec prudence. Acharya et Coulombe (2005) émettent l'hypothèse que le *spillover* de la recherche et développement fait à l'étranger, malgré le fait qu'elle est à coût nul pour le pays domestique, pourrait ne pas passer uniquement par l'importation de biens et services.

## **4.2 Analyse des modèles interprovinciaux**

La présente sous-section fera la comparaison des résultats correspondant aux modèles interprovinciaux obtenus selon les trois mêmes méthodes d'estimations, soit : SUR, FGLS et 2SLS et ceux obtenus au niveau international. Afin de faciliter la comparaison des résultats, la présentation de ceux-ci dans le Tableau 4.2 se fera de la même façon qu'au tableau précédent et dans le même ordre que dans la section antérieure.

Tableau 4.2 – Sommaire des résultats concernant les modèles interprovinciaux

Variables	Estimation par SUR		Estimation par FGLS		Estimation par 2SLS	
	Modèle ( $\Delta YR_{i,t}$ )	Modèle ( $\Delta YH_{i,t}$ )	Modèle ( $\Delta YR_{i,t}$ )	Modèle ( $\Delta YH_{i,t}$ )	Modèle ( $\Delta YR_{i,t}$ )	Modèle ( $\Delta YH_{i,t}$ )
	n°2	n°4	n°2	n°4	n°2	n°4
( $YR_{i,t-1}$ ) - PIB par travailleur potentiel	- 0,2393***		- 0,0647***		- 0,4598**	
( $YH_{i,t-1}$ ) - Productivité par heure travaillée		- 0,1507***		- 0,0577***		- 0,3670***
( $CE_{i,t}$ ) - Cycle économique	0,3764***	0,1907***	0,2792***	0,1612***	0,7008***	0,3478***
( $IN_{i,t}$ ) - Investissement	- 0,0108	- 0,0293***	0,0129**	0,0019	- 0,1066***	- 0,0990***
( $\Delta NT_{i,t}$ ) - Croissance de la population totale	- 0,2055***		- 0,0296**		- 0,2953***	
( $\Delta PA_{i,t}$ ) - Croissance de la population 15-64		- 0,0686***		0,0128		- 0,1455***
( $OE_{i,t}$ ) - Ouverture économique	- 0,0383**	- 0,0212	- 0,0079	- 0,0026	- 0,0717**	- 0,0826*
( $ER_{i,t-1}$ ) - R&D des entreprises étrangères	0,1200***	0,0649***	0,0302**	- 0,0016	0,0766***	0,0377
( $BR_{i,t-1}$ ) - R&D des entreprises domestiques	0,0056*	- 0,0122***	0,0032	- 0,0150***	0,0039	- 0,0133**
( $GR_{i,t-1}$ ) - R&D du gouvernement	- 0,0002	0,0001	0,0029	- 0,0027	0,0108**	0,0161**
( $HR_{i,t-1}$ ) - R&D des hautes études	0,0080**	0,0097*	- 0,0019	- 0,0018	- 0,0215***	- 0,0189***

\*\*\* P-Value < 0.01, \*\* P-Value < 0.05, \* P-Value < 0.10

Nous voyons que les coefficients du premier groupe de variables du Tableau 4.2, soit ( $YR_{i,t-1}$ ) et ( $YH_{i,t-1}$ ), sont tous négatifs et significatifs à moins de 1 %. Par contre, ceux-ci sont plus élevés que ceux observés dans les modèles internationaux. La vitesse de convergence de la productivité s'établit entre 5,77 % et 23,93 % selon les méthodes d'estimation SUR et FGLS, comparativement à l'estimation par 2SLS qui présupposent une vitesse de la convergence allant jusqu'à 45,98 %. Tous les coefficients du modèle de PIB par travailleur potentiel sont plus élevés que ceux observés dans les modèles de productivité par heure travaillée.

L'impact des cycles économiques provinciaux ( $CE_{i,t}$ ) s'apparente à ceux observés dans les modèles internationaux, puisqu'ils ont la même amplitude. En effet, les coefficients sont positifs et très significatifs et varient entre 0,1612 et 0,3764 selon la méthode d'estimation SUR et FGLS.

L'intensité de l'investissement total ( $IN_{i,t}$ ) semble avoir un impact moins fort au niveau provincial qu'international. Par contre les coefficients sur cette variable demeurent contrintuitifs : négatifs et significatifs à 1 %. Par ailleurs, une variation de

1 % de l'intensité de l'investissement diminuerait la croissance du PIB par travailleur potentiel de 1,08 % à 10,66 %, comparativement à la productivité par heure travaillée, qui, elle, diminuerait de 2,93 % à 9,90 %. Tout comme pour le modèle international, la différence entre ces résultats et ceux de la littérature pourrait s'expliquer par l'utilisation d'une définition différente de l'investissement total utilisée. La variable de capital financier du modèle interprovincial est cohérente avec celle du modèle international.

Selon les résultats démontrés au Tableau 4.2, la variable de contrôle pour la population totale ( $\Delta NT_{i,t}$ ) aurait aussi un coefficient négatif et significatif à moins de 1 %, ce qui concorde avec les résultats obtenus au Tableau 4.1. De plus, la croissance de la population des individus âgés de 15 à 64 ans ( $\Delta PA_{i,t}$ ) aurait aussi un impact négatif sur la productivité par heure travaillée. Une variation de 1 % de cette variable diminuerait la croissance de la productivité de 6,86 % à 14,55 % d'après l'estimation par SUR et 2SLS, ce qui est contraire aux résultats obtenus au niveau international.

La dernière variable de contrôle du modèle interprovincial est l'ouverture économique ( $OE_{i,t}$ ). À travers le Tableau 4.2, nous pouvons remarquer que l'intensité du commerce des provinces ne semble pas avoir d'impact sur la productivité par heure travaillée, tandis qu'elle aurait un impact négatif et significatif à 5 % sur le PIB par travailleur potentiel. Une variation de 1 % de l'intensité du commerce diminuerait de 3,83 % à 7,17 % le PIB par travailleur potentiel selon la méthode SUR et 2SLS. Ces résultats, bien que moins significatifs, sont contraires à ceux de la littérature et ceux obtenus pour les modèles internationaux.

La variable d'intérêt de ces modèles, mais aussi de ce mémoire, est celle des dépenses en recherche et développement exécutées par les entreprises ( $BR_{i,t-1}$ ). Nous pouvons constater qu'au modèle n° 1, celle-ci aurait un impact positif, selon l'estimation par SUR, mais faiblement significative, soit à 10 %. Lorsque nous changeons de définition du PIB par travailleur potentiel, nous observons un retournement de situation par rapport aux modèles internationaux. Les dépenses en

R&D des entreprises auraient un impact négatif et très significatif. Ce changement de relation entre la R&D et la productivité par heure travaillée est robuste à travers les trois méthodes d'estimation utilisées. De plus, suite à plusieurs tests économétriques, cette variable n'est pas sensible au choix du nombre d'années de retard. Son impact reste négatif, même avec un délai de deux et de trois ans entre le moment des dépenses et la croissance de la productivité. En ce qui concerne l'élasticité de ces dépenses, elle est de 0,0473 pour le modèle n° 2 et faiblement cohérente avec le même modèle au niveau international, puisque celui-ci propose une élasticité entre 0,1502 et 0,1742. Pour ce qui est du modèle n° 4, les élasticités varient entre - 0,0362 et - 0,2600, soit une décroissance de 0,362 % à 2,6 % pour une hausse de 10 % de l'intensité des dépenses en recherche et développement exécutées par les entreprises. L'amplitude du changement est relativement semblable au modèle international, mais propose l'effet inverse de celui-ci. De plus amples explications seront données dans la sous-section suivante, où ces dépenses en R&D seront mises en contexte au Canada et au Québec.

En ce qui concerne les coefficients des dépenses en R&D exécutées par le gouvernement ( $GR_{i,t-1}$ ), elles ont un impact semblable à celles démontrées au Tableau 4.1. En effet, elles sont positives et significatives à moins de 1 % pour le modèle estimé par 2SLS, ce qui est cohérent avec les résultats de l'estimation par FGLS des modèles internationaux. L'élasticité de la R&D du gouvernement au modèle n° 2 est de 0,0235, et de 0,0439 pour le modèle n° 4, comparativement à 0,0966 et 0,1399 pour les deux mêmes modèles au niveau international.

Les résultats des dépenses en R&D exécutées par les hautes études ( $HR_{i,t-1}$ ) proposent des interprétations ambiguës. L'estimation SUR propose des coefficients positifs et significatifs à 10 % pour les modèles n° 2 et n° 4, contrairement à l'estimation 2SLS qui, elle, propose des coefficients négatifs et significatifs à moins de 1 %. L'élasticité démontrée avec l'estimation SUR varie entre 0,0334 dans le modèle n° 2 et 0,0644 dans le modèle n° 4. Cependant, les élasticités de long terme obtenues par l'estimation par 2SLS sont cohérentes avec celles des modèles

internationaux. En effet, une variation de 10 % de l'intensité des dépenses en recherche et développement exécutées par le gouvernement occasionnerait une baisse de la croissance du PIB par travailleur potentiel de 0,468 % et de 0,515 % pour la productivité par heure travaillée.

Les résultats présentés au Tableau 4.2 démontrent qu'il y a un *spillover* positif et significatif à moins de 1 % de la R&D exécutées par les entreprises étrangères ( $ER_{i,t-1}$ ) au niveau des provinces du Canada. Les coefficients sont relativement plus élevés que ceux obtenus au niveau international. Ceci est attribuable non seulement au fait que le *spillover* interprovincial est inclus dans la variable, mais qu'une distribution du *spillover* international y est aussi introduite, pondérée par la part des importations internationales de chaque province dans le Canada. De ce fait, les élasticités calculées sont nettement plus élevées que celles obtenues au niveau international. En effet, l'élasticité de long terme des dépenses en R&D exécutées par les entreprises étrangères auraient un impact sur le PIB par travailleur potentiel qui se situe entre 0,1666 et 0,5015 selon la méthode d'estimation. En ce qui concerne le modèle n° 4, seule l'estimation par SUR offre une élasticité significative, soit qu'une variation de 10% de l'intensité de la R&D étrangère augmenterait de 4,307 % la croissance de la productivité par heure travaillée.

En analysant les résultats des tableaux 4.1 et 4.2, nous ne pouvons faire état d'un consensus sur la meilleure méthode d'estimation. Par contre, certains facteurs viennent appuyer la méthode d'estimation SUR comme étant relativement plus performante que les deux autres. En comparant les résultats obtenus par estimation 2SLS à ceux estimés par SUR, nous pouvons voir que les coefficients sont nettement plus élevés dans le cas du 2SLS. De plus, les écarts types obtenus par cette dernière sont aussi plus grands que ceux estimés par SUR, ce qui fait du 2SLS, un estimateur moins précis par rapport au SUR. Par ailleurs, la méthode d'estimation SUR tient compte d'une corrélation entre les termes d'erreurs transversaux, ou entre pays, ce que la méthode FGLS ne fait pas. Dans la situation qui nous occupe, la méthode SUR est donc relativement supérieure à la méthode FGLS.

### **4.3 Mise en contexte des dépenses en R&D des entreprises provinciales**

Cette section vise à mettre en contexte les résultats obtenus lors de l'estimation du modèle interprovincial n° 4 et, plus spécifiquement, les dépenses en recherche et développement exécutées par les entreprises. Il a été mentionné que Acharya et Coulombe (2005), Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001), Nadiri (1993) et Nonneman et Vanhoudt (1996) ont trouvé un impact positif de la R&D sur la productivité. Que l'analyse se fasse avec les dépenses totales en recherche et développement ou seulement celles des entreprises ou encore qu'elle soit faite sur la productivité totale des facteurs ou sur la productivité du travail, tous y ont noté un impact positif. Ceci pose évidemment un problème d'interprétation de la situation interprovinciale. Selon plusieurs auteurs de la littérature et les résultats obtenus au niveau international, aucune différence ne devrait être remarquée sur l'impact de la recherche et développement au Canada. D'ailleurs, certains auteurs mentionnent cette incohérence, lors de l'utilisation de données de R&D, spécifiquement au Canada. Entre autres, nous pouvons mentionner Mohnen (1992) qui a trouvé des résultats similaires à ceux exposés au Tableau 4.2. En effet, ce dernier a modélisé la productivité totale des facteurs en utilisant, notamment, les dépenses en R&D exécutées par des entreprises domestiques comme variable explicative. Les résultats obtenus de ses estimations lui donnaient aussi des coefficients négatifs quant à l'impact de la R&D des entreprises sur la productivité. Afin de corriger cette situation, l'auteur a transformé sa méthode d'analyse et a bonifié son modèle empirique avec plusieurs autres variables de contrôle, ce qui lui a permis d'obtenir des résultats positifs et concluants. D'ailleurs, Gu et Tang (2004) ont spécifiquement mentionné le fait que les dépenses faites en R&D au Canada ne donnaient pas des résultats concluants lorsqu'elles étaient utilisées seules dans l'analyse de la productivité. C'est pourquoi ils ont ajouté plusieurs autres indicateurs d'innovation à leur analyse. Une autre hypothèse qui pourrait expliquer la déroute du coefficient de la R&D des entreprises domestique du Tableau 4.2 provient du travail de Crépon, Duguet et Mairesse (1998). Ces derniers soulèvent que certains problèmes liés à

l'analyse de ces dépenses en R&D survenaient lorsqu'elles étaient utilisées en séries temporelles. Bien que ces auteurs offrent certains éléments d'interprétation concernant la provenance de la différence entre les modèles internationaux et interprovinciaux quant à l'impact négatif de la R&D des entreprises, une mise en contexte de la R&D canadienne doit être faite.

Afin de mettre en perspective les résultats obtenus dans la section précédente et d'émettre une hypothèse qui pourrait expliquer l'impact négatif des dépenses en R&D des entreprises sur la productivité, nous allons faire allusions aux conclusions de l'étude faite par Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003). En effet, les auteurs stipulent que les dépenses en R&D, directes et indirectes<sup>33</sup>, faites par le gouvernement stimuleraient les dépenses en R&D des entreprises. En reprenant leurs propos, nous pouvons remettre en contexte les incitatifs directs et fiscaux du Canada. Premièrement, ces auteurs affirment que les crédits d'impôt à la R&D ne modifient pas la stratégie d'investissement des entreprises. Deuxièmement, Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) avancent que les incitatifs fiscaux sont des substituts à l'aide directe et vice versa. Finalement, ils concluent que l'impact du financement du gouvernement sur l'intensité de l'investissement en R&D des entreprises aurait la forme d'un U renversé. Ceci étant, l'étude économétrique de ces auteurs démontre que l'ensemble des dépenses en R&D du gouvernement, directes et indirectes, auraient un impact positif sur la R&D des entreprises jusqu'à une proportion de 10 % de la valeur totale des investissements en R&D des entreprises. Passé la barre des 20 %, les dollars de plus investis par le gouvernement auraient un effet d'éviction; donc, passé ce point d'inflexion, l'entreprise aurait une propension plus grande à substituer son investissement par celui du gouvernement.

---

<sup>33</sup> Comme il a été mentionné auparavant, l'aide gouvernementale directe comprend les subventions et le coût du soutien technique. Les crédits d'impôt fédéraux et provinciaux sont de l'aide indirecte et ne sont pas inclus dans les dépenses gouvernementales en R&D des modèles présentés à la section précédente.

Tableau 4.3 – Sommaire de l'aide directe et de l'aide indirecte en R&D faites aux entreprises du Québec (\$ millions et %)

	2000	2009
<b>Gouvernement fédéral</b>		
Crédit d'impôt à l'investissement dans la recherche scientifique et le développement expérimental <sup>34,35,36</sup>	618,8	1008,4
Aide directe <sup>37</sup>	86	118
<b>Gouvernement provincial</b>		
Crédits d'impôt remboursables à la Recherche et développement <sup>38,39</sup>	487	694
Aide directe <sup>40</sup>	22	78
<b>Total de l'aide de l'État au Québec</b>	1213,8	1898,4
Dépenses R&D du secteur des entreprises <sup>41</sup>	3642	4581
Proportion de l'aide directe par rapport aux dépenses des entreprises	2,97 %	4,28 %
Proportion de l'aide totale par rapport aux dépenses des entreprises	33,33 %	41,44 %

L'exemple du Tableau 4.3 se base sur les propos tenus par Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) et nous donne une approximation de la situation du Québec en 2000 et en 2009. L'intérêt de ce tableau réside dans l'aperçu global qu'il donne; il ne fait pas une analyse poussée de la fiscalité canadienne. Ce tableau permet de constater que la proportion de l'aide directe par rapport aux dépenses des entreprises n'était que de 2,97 % en 2000 comparativement à 4,28 % en 2009. En ne regardant que les dépenses directes en R&D faites par les gouvernements, nous pourrions conclure que celles-ci sont sous-optimales et qu'une bonification de l'aide directe stimulerait encore plus les dépenses en R&D des entreprises. Par contre, selon les auteurs, les crédits fiscaux sont substituables à l'aide directe, donc les deux types de dépenses pourraient être additionnés. De plus, l'entreprise peut bénéficier de l'aide offerte par les deux paliers de gouvernement, soit fédéral et provincial, ce qui nous permet de les additionner aux autres dépenses en R&D et ainsi obtenir l'aide totale de l'État au sens élargi. Comme le démontre le Tableau 4.3, la proportion de l'aide totale, soit l'addition de l'aide directe et des crédits d'impôt remboursables des deux paliers de gouvernement par rapport aux dépenses des entreprises, s'établissait à

<sup>34</sup> Gouvernement du Canada, 2010. *Dépenses fiscales et évaluations 2010*, p.22.

<sup>35</sup> Gouvernement du Canada, 2005. *Dépenses fiscales et évaluations 2005*, p.32.

<sup>36</sup> La proportion correspondant au Québec est une approximation faite selon l'hypothèse que la part des crédits d'impôts du Québec est proportionnelle à la part relative des dépenses en R&D des entreprises du Québec dans le total canadien.

<sup>37</sup> Statistique Canada, base de données du CANSIM, tableaux 358-0001 et 384-0002.

<sup>38</sup> Gouvernement du Québec, 2011. *Dépenses fiscales – édition 2010*, p.80.

<sup>39</sup> Gouvernement du Québec, 2005. *Dépenses fiscales – édition 2005*, p.70.

<sup>40</sup> Statistique Canada, base de données du CANSIM, tableaux 358-0001 et 384-0002.

<sup>41</sup> *Ibid.*

environ 33,33 % en 2000 et à environ 41,44 % en 2009. Selon Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003), cette proportion dépasse nettement le point d'inflexion de 20 %, ce qui laisse présager un effet d'éviction de l'investissement en R&D des entreprises du Québec.

En continuité avec les derniers propos, l'article de Baghana (2010) a analysé les incitatifs fiscaux à la recherche et développement du Québec relativement aux entreprises. De façon générale, une vague de nouveaux crédits d'impôt ont été adoptés par les différents gouvernements des pays membres de l'OCDE, car ceux-ci seraient plus neutres au niveau de l'attribution de l'aide. Selon l'auteur, les montants accordés ne seraient pas sujets à la subjectivité des institutions en ce qui concerne le secteur ou la rentabilité du projet. Cette idée aurait guidé les politiques fiscales des pays de l'OCDE, c'est pourquoi l'aide indirecte a augmenté plus rapidement que l'aide directe. Dans un premier temps, Baghana (2010) illustre, à partir d'une analyse microéconomique, que les firmes utilisant les deux types d'aides démontreraient une croissance de leur productivité plus grande que celles utilisant seulement les crédits d'impôt.

En combinant les propos de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) et ceux de Baghana (2010), nous pouvons supposer que l'impact négatif de l'intensité des dépenses des entreprises en recherche et développement sur la productivité de la main-d'œuvre au niveau provincial découle de deux aspects. Premièrement, l'aide totale de l'État à la R&D des entreprises serait trop importante par rapport à l'effort d'investissement de celles-ci, ce qui aurait un effet d'éviction du capital privé de R&D. Deuxièmement, nous pouvons dire que la croissance de la productivité des entreprises canadiennes bénéficierait d'une augmentation de la proportion de l'aide directe par rapport à l'aide indirecte. Le rapport d'un groupe d'experts chargés de l'examen du soutien fédéral de la recherche et développement a notamment soulevé qu'une réorganisation de l'aide aux entreprises devrait être faite, et l'une des

recommandations serait d'attribuer une plus grande proportion de l'aide directe dans l'aide totale<sup>42</sup>.

Cette section a permis de mettre en évidence les différents résultats obtenus à travers l'estimation des modèles internationaux et interprovinciaux. Nous avons pu constater que les modèles internationaux étaient robustes et rejoignaient ceux des auteurs mentionnés dans cette section. De plus, nous avons pu voir que les variables des modèles interprovinciaux réagissaient comme celles des modèles internationaux. Ceci étant dit, l'interprétation de l'impact négatif des dépenses en R&D des entreprises provinciales sur la productivité par heure travaillée posait un problème. En effet, il est manifeste que l'impact de ces dépenses n'aurait pas l'effet escompté. Contrairement aux auteurs qui ne se sont pas arrêtés à analyser les provenances de ce résultat, nous avons proposé deux pistes de solutions. L'impact négatif de la R&D des entreprises au niveau provincial pourrait être causé par une aide gouvernementale à la recherche et développement, sous toutes ses formes, trop généreuse, mais aussi par une disproportion de l'aide indirecte par rapport à l'aide directe.

---

<sup>42</sup> Gouvernement du Canada, 2011. *Innovation Canada : Le pouvoir d'agir*, p.102.

## Chapitre 5. Conclusion

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés à l'impact des dépenses en recherche et développement sur la croissance de la productivité aux niveaux international et interprovincial. À travers la présentation d'une revue de la littérature étoffée, le choix du modèle s'est arrêté sur celui d'Acharya et Coulombe (2005). Malgré que quelques modifications lui aient été apportées, nous avons pu élaborer une série de modèles qui nous ont permis d'analyser cet impact à partir de deux définitions, soit le PIB par travailleur potentiel et la productivité par heure travaillée. De plus, ces dépenses en recherche et développement ont été déclinées selon différents agents économiques, soit le gouvernement, les hautes études et les entreprises. L'intérêt principal de ce mémoire visait les entreprises. Nous avons pu constater que celles-ci avaient un impact positif dans l'analyse internationale, ce qui correspond aux résultats de la majorité des auteurs présentés dans la revue de littérature. Par contre, selon notre modèle, la R&D exécutée par les entreprises au niveau provincial avait un impact négatif sur la productivité par heure travaillée. Finalement, nous avons pu émettre deux hypothèses qui exposent l'incohérence entre ces résultats et ceux obtenus au niveau international et dans la littérature. Celles-ci se résument ainsi : d'abord, il y aurait une aide à la R&D des entreprises trop généreuse de la part de l'État et, ensuite, que cette aide pourrait être optimale si elle était distribuée de façon directe plutôt qu'à travers des crédits d'impôt.

Il serait pertinent de vérifier ces deux hypothèses à travers une analyse approfondie des programmes fédéraux et provinciaux d'aide au financement de la R&D des entreprises. Bien qu'une analyse économétrique de l'impact de la recherche et développement soulève certaines interrogations quant à l'efficacité de celui-ci au Canada, il n'en reste pas moins qu'une étude complète de ces programmes fiscaux pourrait venir appuyer les conclusions de ce mémoire.

# ANNEXES

## Annexe I : Définitions et concepts

### Définition des concepts d'innovation

Concept	Définition
<u>Innovation</u>	« est la mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures. » <sup>43</sup>
<u>Activités d'innovations</u>	« correspondent à toutes les opérations scientifiques, technologiques, organisationnelles, financières et commerciales qui conduisent effectivement ou ont pour but de conduire à la mise en œuvre des innovations. Certaines de ces activités sont elles-mêmes innovantes; d'autres ne sont pas nouvelles mais nécessaires à la mise en œuvre d'innovations. Les activités d'innovation incluent également la R-D qui n'est pas directement liée à la mise au point d'une innovation particulière. » <sup>44</sup>
<u>Innovation de produit</u>	« correspond à l'introduction d'un bien ou d'un service nouveau ou sensiblement amélioré sur le plan de ses caractéristiques ou de l'usage auquel il est destiné. Cette définition inclut les améliorations sensibles des spécifications techniques, des composants et des matières, du logiciel intégré, de la convivialité ou autres caractéristiques fonctionnelles. » <sup>45</sup>
<u>Innovation de procédé</u>	« est la mise en œuvre d'une méthode de production ou de distribution nouvelle ou sensiblement améliorée. Cette notion implique des changements significatifs dans les techniques, le matériel et/ou le logiciel. » <sup>46</sup>
<u>Innovation de commercialisation</u>	« est la mise en œuvre d'une nouvelle méthode de commercialisation impliquant des changements significatifs de la conception ou du conditionnement, du placement, de la promotion ou de la tarification d'un produit. » <sup>47</sup>
<u>Innovation d'organisation</u>	« est la mise en œuvre d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures de la firme. » <sup>48</sup>

<sup>43</sup> OCDÉ, 2005. *Manuel d'Oslo*, p. 54.

<sup>44</sup> *Ibid.*, p. 55.

<sup>45</sup> *Ibid.*, p. 56.

<sup>46</sup> *Ibid.*, p. 57.

<sup>47</sup> *Ibid.*, p. 58.

<sup>48</sup> *Ibid.*, p. 60.

## Définition des concepts de recherche et développement

<b>Concept</b>	<b>Définition</b>
<u>Recherche et développement expérimental</u>	« Englobent les travaux de création entrepris de façon systématique en vue d'accroître la somme des connaissances, y compris la connaissance de l'homme, de la culture et de la société, ainsi que l'utilisation de cette somme de connaissances pour de nouvelles applications. » <sup>49</sup>
<u>Recherche fondamentale</u>	« consiste en des travaux expérimentaux ou théoriques entrepris principalement en vue d'acquérir de nouvelles connaissances sur les fondements des phénomènes et des faits observables, sans envisager une application ou une utilisation particulière » <sup>50</sup>
<u>Recherche appliquée</u>	« consiste également en des travaux originaux entrepris en vue d'acquérir des connaissances nouvelles. Cependant, elle est surtout dirigée vers un but ou un objectif pratique déterminé. » <sup>51</sup>
<u>Développement expérimental</u>	« consiste en des travaux systématiques fondés sur des connaissances existantes obtenues par la recherche et/ou l'expérience pratique, en vue de lancer la fabrication de nouveaux matériaux, produits ou dispositifs, d'établir de nouveaux procédés, systèmes et services ou d'améliorer considérablement ceux qui existent déjà. » <sup>52</sup>

<sup>49</sup> OCDÉ, 2002. *Manuel Frascati*, p. 34.

<sup>50</sup> *Ibid.*, p. 34.

<sup>51</sup> *Ibid.*, p. 34.

<sup>52</sup> *Ibid.*, p. 34.

**Annexe II : Tableaux sommaire des échantillons**

Pays	Moyenne	Écart type	Min	Max
PIB par travailleur potentiel	10,7629	0,2190	9,8131	11,2581
Productivité par heure travaillée	3,7272	0,2447	2,4541	4,2224
Cycle économique	0,0000	0,0449	-0,1341	0,1287
Investissement	3,0568	0,1590	2,6010	3,4879
Croissance de la population totale	10,0495	1,2703	8,1440	12,6361
Croissance de la population (15 à 64 ans)	9,6385	1,2774	7,6161	12,2314
Ouverture économique	4,0690	0,5472	2,7733	5,2172
R&D exécutées par les entreprises étrangères	7,1894	0,9411	5,1613	9,3458
R&D exécutées par les entreprises	-4,5226	0,5429	-6,3079	-3,4422
R&D exécutées par le gouvernement	-6,0414	0,4687	-7,2657	-5,1831
R&D exécutées par les hautes études	-5,5588	0,3959	-6,9922	-4,7085

Provinces	Moyenne	Écart type	Min	Max
PIB par travailleur potentiel	10,6444	0,2383	10,1321	11,2289
Productivité par heure travaillée	3,5519	0,1681	3,1474	3,9181
Cycle économique	0,0010	0,0314	-0,1043	0,0809
Investissement	-1,6493	0,2302	-2,3972	-0,9266
Croissance de la population totale	14,1949	1,2450	11,7244	16,3860
Croissance de la population (15 à 64 ans)	13,8001	1,2597	11,2652	16,0197
Ouverture économique	0,1070	0,1757	-0,3587	0,5561
R&D exécutées par les entreprises étrangères	5,4015	1,2952	2,2289	7,9275
R&D exécutées par les entreprises	-5,6479	0,8436	-7,9389	-4,0203
R&D exécutées par le gouvernement	-5,4440	0,4769	-7,2758	-4,6034
R&D exécutées par les hautes études	-6,0418	0,5299	-7,4217	-4,6611

## Annexe III : Tableaux de résultats des modèles internationaux

MODÈLE N° 1 ( $\Delta$ du PIB par travailleur potentiel)	Estimation SUR	Estimation FGLS	Estimation 2SLS
PIB par travailleur potentiel (retardé d'une période)	-0,1185 *** (0,0071)	-0,0942 *** (0,0070)	-0,1556 *** (0,0143)
Cycle économique	0,3204 *** (0,0219)	0,3054 *** (0,0274)	0,4613 *** (0,0390)
Investissement	-0,0703 *** (0,0072)	-0,0114 * (0,0058)	-0,1327 *** (0,0207)
Croissance de la population totale	-0,0379 (0,0234)	-0,0019 (0,0031)	-0,0700 (0,0453)
Ouverture économique	0,0587 *** (0,0070)	0,0068 * (0,0037)	-0,0071 (0,0143)
R&D exécutées par les entreprises étrangères (retardé d'une période)	0,0241 *** (0,0056)	-0,0021 (0,0031)	0,0233 ** (0,0106)
R&D exécutées par les entreprises (retardé d'une période)	0,0178 *** (0,0035)	0,01447 *** (0,0021)	0,0271 *** (0,0070)
R&D exécutées par le gouvernement (retardé d'une période)	0,0013 (0,0028)	0,0091 *** (0,0018)	-0,0036 (0,0066)
R&D exécutées par les hautes études (retardé d'une période)	-0,0190 *** (0,0048)	-0,0082 *** (0,0029)	-0,0348 *** (0,0104)

**Élasticité de long terme**

R&D exécutées par les entreprises étrangères	0,2034 ***	-0,0223	0,1497 **
R&D exécutées par les entreprises	0,1502 ***	0,1536 ***	0,1742 ***
R&D exécutées par le gouvernement	0,0110	0,0966 ***	-0,0231
R&D exécutées par les hautes études	-0,1603 ***	-0,0870 ***	-0,2237 ***

Notes :

- 1- L'écart type de chacun des coefficients a été mis entre parenthèse
- 2- L'élasticité de long terme est calculée comme suit :  $-\frac{\text{Coefficient } RetD_{t-1}}{\text{Coefficient Productivité}_{t-1}}$

Légende :

- \*\*\* P-Value < 0,01
- \*\* P-Value < 0,05
- \* P-Value < 0,10

MODÈLE INTERMÉDIAIRE N° 1.1 ( $\Delta$ de la productivité par heure travaillée)	Estimation SUR	Estimation FGLS	Estimation 2SLS
Productivité par heure travaillée (retardé d'une période)	-0,1089 *** (0,0073)	-0,0769 *** (0,0052)	-0,1303 *** (0,0135)
Cycle économique	0,2942 *** (0,0241)	0,2261 *** (0,0239)	0,3830 *** (0,0396)
Investissement	-0,1144 *** (0,0086)	-0,0354 *** (0,0073)	-0,1553 *** (0,0217)
Croissance de la population totale	0,1100 *** (0,0251)	0,0076 ** (0,0033)	-0,0401 (0,0460)
Ouverture économique	0,0124 * (0,0072)	0,0224 *** (0,0038)	-0,0485 *** (0,146)
R&D exécutées par les entreprises étrangères (retardé d'une période)	-0,0003 (0,0055)	-0,0103 *** (0,0031)	-0,0023 (0,0107)
R&D exécutées par les entreprises (retardé d'une période)	0,0157 *** (0,0039)	0,0093 *** (0,0021)	0,0242 *** (0,0073)
R&D exécutées par le gouvernement (retardé d'une période)	0,0041 (0,0030)	0,0106 *** (0,0015)	0,0051 (0,0066)
R&D exécutées par les Universités (retardé d'une période)	-0,0006 (0,0055)	-0,0076 ** (0,0032)	-0,0219 *** (0,0107)

### Élasticité de long terme

R&D exécutées par les entreprises étrangères	-0,0028	-0,1339 ***	-0,0177
R&D exécutées par les entreprises	0,1442 ***	0,1209 ***	0,1857 ***
R&D exécutées par le gouvernement	0,0376	0,1378 ***	0,0391
R&D exécutées par les hautes études	-0,0055	-0,0988 **	-0,1681 ***

### Notes :

- 1- L'écart type de chacun des coefficients a été mis entre parenthèse
- 2- L'élasticité de long terme est calculée comme suit :  $-\frac{\text{Coefficient } RetD_{t-1}}{\text{Coefficient } Productivité_{t-1}}$

### Légende :

- \*\*\* P-Value < 0,01
- \*\* P-Value < 0,05
- \* P-Value < 0,10

MODÈLE N° 3 ( $\Delta$ de la productivité par heure travaillée)	Estimation SUR		Estimation FGLS		Estimation 2SLS	
Productivité par heure travaillée (retardé d'une période)	-0,1072	***	-0,0765	***	-0,1303	***
	(0,0072)		(0,0052)		(0,0135)	
Cycle économique	0,2888	***	0,2269	***	0,3865	***
	(0,0241)		(0,0239)		(0,0395)	
Investissement	-0,1184	***	-0,0360	***	-0,1621	***
	(0,0087)		(0,0073)		(0,0220)	
Croissance de la population (15 à 64 ans)	0,1124	***	0,0081	**	0,0607	*
	(0,0215)		(0,0033)		(0,0365)	
Ouverture économique	0,0161	**	0,0230	***	-0,0466	***
	(0,0072)		(0,0038)		(0,0147)	
R&D exécutées par les entreprises étrangères (retardé d'une période)	-0,0015		-0,0109	***	0,0028	
	(0,0056)		(0,0031)		(0,0106)	
R&D exécutées par les entreprises (retardé d'une période)	0,0165	***	0,0093	***	0,0230	***
	(0,0037)		(0,0021)		(0,0037)	
R&D exécutées par le gouvernement (retardé d'une période)	0,0042		0,0107	***	0,0062	
	(0,0030)		(0,0015)		(0,0066)	
R&D exécutées par les Universités (retardé d'une période)	-0,0055		-0,0074	**	-0,0244	**
	(0,0053)		(0,0033)		(0,0108)	

### Élasticité de long terme

R&D exécutées par les entreprises étrangères	-0,0140		-0,1425	***	0,0215	
R&D exécutées par les entreprises	0,1539	***	0,1216	***	0,1765	***
R&D exécutées par le gouvernement	0,0392		0,1399	***	0,0476	
R&D exécutées par les hautes études	-0,0513		-0,0967	**	-0,1873	**

Notes :

1- L'écart type de chacun des coefficients a été mis entre parenthèse

2- L'élasticité de long terme est calculée comme suit :  $-\frac{\text{Coefficient } RetD_{t-1}}{\text{Coefficient Productivité}_{t-1}}$

Légende :

\*\*\* P-Value < 0,01

\*\* P-Value < 0,05

\* P-Value < 0,10

## Annexe IV : Tableaux de résultats des modèles interprovinciaux

MODÈLE N° 2 ( $\Delta$ du PIB par travailleur potentiel)	Estimation SUR	Estimation FGLS	Estimation 2SLS
PIB par travailleur potentiel (retardé d'une période)	-0,2393 *** (0,0254)	-0,0647 *** (0,0153)	-0,4598 *** (0,0451)
Cycle économique	0,3764 *** (0,0409)	0,2792 *** (0,0438)	0,7008 *** (0,0537)
Investissement	-0,0108 (0,0072)	0,0129 ** (0,0062)	-0,1066 *** (0,0207)
Croissance de la population totale	-0,2055 *** (0,0240)	-0,0296 ** (0,0131)	-0,2953 *** (0,0339)
Ouverture économique	-0,0383 ** (0,0187)	-0,0079 (0,0112)	-0,0717 ** (0,0380)
R&D exécutées par les entreprises étrangères (retardé d'une période)	0,1200 *** (0,0163)	0,0302 ** (0,0135)	0,0766 *** (0,0252)
R&D exécutées par les entreprises (retardé d'une période)	0,0056 * (0,0029)	0,0032 (0,0025)	0,0039 (0,0051)
R&D exécutées par le gouvernement (retardé d'une période)	-0,0002 (0,0029)	0,0029 (0,0021)	0,0108 ** (0,0057)
R&D exécutées par les Universités (retardé d'une période)	0,0080 ** (0,0034)	-0,0019 (0,0033)	-0,0215 *** (0,0062)

**Élasticité de long terme**

R&D exécutées par les entreprises étrangères	0,5015 ***	0,4668 **	0,1666 ***
R&D exécutées par les entreprises	0,0234 *	0,0495	0,0085
R&D exécutées par le gouvernement	-0,0008	0,0448	0,0235 **
R&D exécutées par les hautes études	0,0334 **	-0,0294	-0,0468 ***

Notes :

1- L'écart type de chacun des coefficients a été mis entre parenthèse

2- L'élasticité de long terme est calculée comme suit :  $-\frac{\text{Coefficient } RetD_{t-1}}{\text{Coefficient Productivité}_{t-1}}$ 

Légende :

\*\*\* P-Value &lt; 0,01

\*\* P-Value &lt; 0,05

\* P-Value &lt; 0,10

MODÈLE INTERMÉDIAIRE N° 2.1 ( $\Delta$ de la productivité par heure travaillée)	Estimation SUR	Estimation FGLS	Estimation 2SLS
Productivité par heure travaillée (retardé d'une période)	-0,1457 *** (0,0281)	-0,0570 *** (0,0203)	-0,3839 *** (0,0583)
Cycle économique	0,1924 *** (0,0427)	0,1605 *** (0,0423)	0,3639 *** (0,0501)
Investissement	-0,0282 *** (0,0094)	0,0022 (0,0070)	-0,1011 *** (0,0237)
Croissance de la population totale	-0,0563 ** (0,0225)	0,0128 (0,0112)	-0,1475 *** (0,0334)
Ouverture économique	-0,0120 (0,0237)	-0,0027 (0,0111)	-0,0684 (0,0428)
R&D exécutées par les entreprises étrangères (retardé d'une période)	0,0563 *** (0,0177)	-0,0015 (0,0116)	-0,0289 (0,0289)
R&D exécutées par les entreprises (retardé d'une période)	-0,0121 *** (0,0040)	-0,0150 *** (0,0033)	-0,0135 *** (0,0053)
R&D exécutées par le gouvernement (retardé d'une période)	0,0004 (0,0036)	-0,0030 (0,0023)	0,0191 *** (0,0066)
R&D exécutées par les Universités (retardé d'une période)	0,0090 * (0,0050)	-0,0018 (0,0033)	-0,0209 *** (0,0072)

### Élasticité de long terme

R&D exécutées par les entreprises étrangères	0,3864 ***	-0,0263	-0,0753
R&D exécutées par les entreprises	-0,0830 ***	-0,2632 ***	-0,0352 ***
R&D exécutées par le gouvernement	0,0027	-0,0526	0,0498 ***
R&D exécutées par les hautes études	0,0618 *	-0,0316	-0,0544 ***

Notes :

1- L'écart type de chacun des coefficients a été mis entre parenthèse

2- L'élasticité de long terme est calculée comme suit :  $-\frac{\text{Coefficient } RetD_{t-1}}{\text{Coefficient Productivité}_{t-1}}$

Légende :

\*\*\* P-Value < 0,01

\*\* P-Value < 0,05

\* P-Value < 0,10

MODÈLE N° 4 ( $\Delta$ de la productivité par heure travaillée)	Estimation SUR	Estimation FGLS	Estimation 2SLS
Productivité par heure travaillée (retardé d'une période)	-0,1507 *** (0,0285)	-0,0577 *** (0,0203)	-0,3670 *** (0,0590)
Cycle économique	0,1907 *** (0,0427)	0,1612 *** (0,0424)	0,3478 *** (0,0498)
Investissement	-0,0293 *** (0,0096)	0,0019 (0,0069)	-0,0990 *** (0,0240)
Croissance de la population (15 à 64 ans)	-0,0686 *** (0,0247)	0,0128 (0,0116)	-0,1455 *** (0,0380)
Ouverture économique	-0,0212 (0,0245)	-0,0026 (0,0114)	-0,0826 * (0,0472)
R&D exécutées par les entreprises étrangères (retardé d'une période)	0,0649 *** (0,0191)	-0,0016 (0,0120)	0,0377 (0,0318)
R&D exécutées par les entreprises (retardé d'une période)	-0,0122 *** (0,0041)	-0,0150 *** (0,0033)	-0,0133 ** (0,0053)
R&D exécutées par le gouvernement (retardé d'une période)	0,0001 (0,0035)	-0,0027 (0,0023)	0,0161 ** (0,0065)
R&D exécutées par les Universités (retardé d'une période)	0,0097 * (0,0050)	-0,0018 (0,0033)	-0,0189 *** (0,0072)

### Élasticité de long terme

R&D exécutées par les entreprises étrangères	0,4307 ***	-0,0277	0,1027
R&D exécutées par les entreprises	-0,0810 ***	-0,2600 ***	-0,0362 **
R&D exécutées par le gouvernement	0,0007	-0,0468	0,0439 **
R&D exécutées par les hautes études	0,0644 *	-0,0312	-0,0515 ***

Notes :

- 1- L'écart type de chacun des coefficients a été mis entre parenthèse
- 2- L'élasticité de long terme est calculée comme suit :  $-\frac{\text{Coefficient } RetD_{t-1}}{\text{Coefficient } Productivité_{t-1}}$

Légende :

- \*\*\* P-Value < 0,01
- \*\* P-Value < 0,05
- \* P-Value < 0,10

## Bibliographie

Acharya, Ram C. et Serge Coulombe, 2005. “Research and Development Composition and Labor Productivity Growth in 16 OECD Countries”, Industry Canada, Working Paper, p. 36.

Baghana, Rufin. 2010, “Public R&D subsidies and productivity: Evidence from firm-level data in Quebec”, Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology, The Netherlands, Working Paper, n° 055, p. 56.

Baldwin, John R., Mark Brown et Jean-Pierre Maynard, 2005. « Différences interprovinciales de PIB par habitant, de productivité du travail et d'intensité du travail: 1990 à 2003 », Document Analytique, N° 11-624-MIF au catalogue, N° 011, Ottawa, Statistique Canada, p. 19.

Baum, C. F., M. E. Schaffer, et S. Stillman, 2003. “Instrumental variables and GMM: Estimation and testing”, *The Stata Journal*, Vol. 3, n° 1, p. 1-31.

Bernstein, Jeffrey I., 2002. “A tour of Innovation and Productivity: Measurement, Determinants and Policy”, National Bureau of Economic Research, *Productivity issue in Canada: The industry Canada research series*, p. 32.

Centre sur la productivité et la prospérité, 2010. *Productivité et prospérité au Québec – Bilan 2010*.

Centre sur la productivité et la prospérité, 2010. *La performance Québécoise en innovation – Avril 2010*.

Cohen, Wesley M., Richard R. Nelson et John P. Walsh, 2000. “Protecting their intellectual assets: appropriability conditions and why U.S. manufacturing firms patent (or not)”, National Bureau of Economic Research, Working Paper n° 7552 (February), p. 50.

Conference Board of Canada. “Innovation Details and Analysis”, [en ligne], Ottawa, [réf. du 16 octobre 2011] <<http://www.conferenceboard.ca/HCP/Details/Innovation.aspx>>.

Crépon, B., E. Duguet et J. Mairesse. 1998, “Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level”, National Bureau of Economic Research, Working Paper n° 6696, p. 48.

Czarnitzki, Dirk, Petr Hanel et Julio Miguel Rosa, 2004. "Evaluating the Impact of R&D Tax Credits on Innovation: A Microeconometric Study on Canadian Firms", Working Paper, Université de Sherbrooke, N° 05-01, p. 25.

Drucker, Peter, 1985. "Innovation and entrepreneurship: practice and principles", New York: Harper and Row, p. 268.

Estrella, Arturo, 2004. "Decoding Productivity: Business Cycle Properties of Labor Productivity Growth", Federal Reserve Bank of New York, p. 38.

Encaoua, David, Dominique Guellec et Catalina Martinez, 2006. "Patent systems for encouraging innovation: lessons from economic analysis", *Elsevier*, Université de Paris, OCDÉ, CSIC, p. 1423-1440.

Fernandes, Ana M. et Alberto E. Isgut, 2005. "Learning-by-Doing, Learning-by-Exporting, and Productivity: Evidence from Colombia", The World Bank, Washington, p. 59.

Fonds Monétaire International, 1981-2009, "Direction of Trade Statistics Yearbook", Washington, D.C.: International Monetary Fund.

FONDS MONÉTAIRE INTERNATIONAL. *s.d.* Tableau *World Economic Outlook Database, October 2012 (Pourcentage du Produit Intérieur Brut)*, OCDÉ.Stat (base de données), site Web du FMI (distributeur), version mise à jour en octobre 2012.

Gouvernement du Canada, 2010. *Dépenses Fiscales et Évaluations 2010* [en ligne], Ottawa, Ministère des Finances Canada [réf. du 1<sup>er</sup> novembre 2012]. <[http://www.fin.gc.ca/taxexp-depfisc/2010/TEE2010\\_fra.pdf](http://www.fin.gc.ca/taxexp-depfisc/2010/TEE2010_fra.pdf)>.

Gouvernement du Canada, 2005. *Dépenses Fiscales et Évaluations 2005* [en ligne], Ottawa, Ministère des Finances Canada [réf. du 1<sup>er</sup> novembre 2012]. <[http://www.fin.gc.ca/taxexp-depfisc/2005/taxexp2005\\_f.pdf](http://www.fin.gc.ca/taxexp-depfisc/2005/taxexp2005_f.pdf)>.

Gouvernement du Canada, 2011. *Innovation Canada : le pouvoir d'agir* [en ligne], Ottawa, Ministère d'État du Canada [réf. du 17 octobre 2011]. <[http://examen-rd.ca/eic/site/033.nsf/vwapj/R-D\\_InnovationCanada\\_Final-fra.pdf/\\$FILE/R-D\\_InnovationCanada\\_Final-fra.pdf](http://examen-rd.ca/eic/site/033.nsf/vwapj/R-D_InnovationCanada_Final-fra.pdf/$FILE/R-D_InnovationCanada_Final-fra.pdf)>.

Gouvernement du Québec, 2011. *Dépenses Fiscales – Édition 2010* [en ligne], Québec, Ministère des Finances du Québec [réf. du 1<sup>er</sup> novembre 2012]. <[http://www.finances.gouv.qc.ca/documents/autres/fr/AUTFR\\_DepensesFiscales2010.pdf](http://www.finances.gouv.qc.ca/documents/autres/fr/AUTFR_DepensesFiscales2010.pdf)>.

Gouvernement du Québec, 2005. *Dépenses Fiscales – Édition 2005* [en ligne], Québec, Ministère des Finances du Québec [réf. du 1<sup>er</sup> novembre 2012]. <<http://www.finances.gouv.qc.ca/documents/Autres/fr/DepensesFiscales2005.pdf>>.

Griffith, Rachel, Stephen Redding et John Van Reenen, 2004, “Mapping the two faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries”, *The Review of Economic and Statistics*, Vol. 86(4), November, p. 883-895.

Griliches, Zvi, 1998. “Issues in assessing the contribution of Research and Development to Productivity Growth”, National Bureau of Economic Research, University of Chicago press, January, p. 17-45.

Gu, Wulong et Jianmin Tang, 2004. “Link between innovation and productivity in Canadian manufacturing industries”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 13(7), October, p. 671-686.

Guellec, Dominique et Van Pottelsberghe De La Potterie, Bruno, 2001. “R&D and Productivity Growth: Panel Data Analysis of 16 OECD Countries”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers* 2001/3, OECD, Directorate for Science, Technology and Industry, p. 26.

Guellec, Dominique et Van Pottelsberghe De La Potterie, Bruno, 2003. “The Impact of Public R&D Expenditure on business R&D”, *Economics of Innovation and New Technology, Taylor and Francis Journals*, vol. 12(3), January, p. 225-243.

Hodrick, Robert J. et Edward C. Prescott, 1997. “Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation”, *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 29, N° 1 (February), p. 1-16.

Macdonald, Stuart, 2003. “When means become ends: considering the impact of patent strategy on innovation”, University of Sheffield, *Elsevier-Information Economics and Policy*, vol. (16), p. 135-158.

Mankiw, N. Gregory, David Romer et David N. Weil, 1992. “A contribution to the Empirics of Economic Growth”, *The Quarterly Journal of Economics*, Oxford University Press, Vol. 107, N° 2 (May), p. 407-437.

Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation, Mai 2005, *L'économie du savoir au Québec*, p. 28.

Mohnen, Pierre, (1992). “Le rapport entre la R-D et la croissance de la productivité au Canada et dans d'autres grands pays industrialisés”, Ottawa : Ministère des approvisionnements et services Canada, p. 74.

Nadiri, Ishaq et George C. Bitros, 1980. "Research and Development Expenditures and Labor Productivity at the Firm Level: A Dynamic Model", *New Developments in Productivity Measurement*, National Bureau of Economic Research, p. 387-418.

Nadiri, M. Ishaq, 1993. "Innovation and Technological Spillovers", National Bureau of Economic Research, Working Paper, N° 4423, p. 48.

National Bureau of Economic Research. *US Business Cycle Expansions and Contractions* [en ligne], Cambridge, [réf. du 20 septembre 2010] <<http://www.nber.org/cycles.html>>.

Nonneman, Walter et Partick Vanhoudt, 1996. "A Further Augmentation of the Solow Model and the Empirics of Economic Growth for OECD Countries", *The Quarterly Journal of Economics*, Oxford University Press, Vol. 111, N° 3 (August), p. 943-953.

OECD, 2001. *Productivity Manual: A Guide to the Measurement of Industry-Level and Aggregate Productivity Growth*, [en ligne], Paris, Organisation de Coopération et de Développement Économiques, [réf. du 26 février 2004] <<http://www.oecd.org/std/productivitystatistics/2352458.pdf>>.

OECD, 2008. *Labor Productivity Indicators*, [en ligne], Paris, Division des statistiques économiques structurelles, [réf. de Juillet 2008] <<http://www.oecd.org/employment/labourstatistics/41354425.pdf>>.

OCDÉ, 2002. *Manuel de Frascati : Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental*, 6e édition, p. 254.

OCDÉ, 2005. *Manuel d'Oslo : Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation*, 3e édition, p. 166.

OECD, 2007. *Innovation and growth: Rationale for an Innovation Strategy*, p. 29.

OECD, 2010. *Measuring Innovation: A new perspective*, p. 130.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES. *s.d.* Tableau *Produit intérieur brut par les dépenses, dollar courant (Millions Monnaie National)*, OCDÉ.Stat (base de données), site Web de l'OCDÉ (distributeur), version mise à jour le 10 septembre 2012.

*ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES. s.d. Tableau Croissance de la productivité du travail pour l'ensemble de l'économie, heures travaillées pour l'emploi total, dollar courant, (Millions Monnaie National), OECD Labour Force Statistics and national sources (base de données), site Web de l'OCDE (distributeur), version mise à jour en juillet 2012.*

*ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES. s.d. Tableau Population, annuelle (Nombre de personnes), OCDE.Stat (base de données), site Web de l'OCDE (distributeur), version mise à jour le 28 septembre 2012.*

*ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES. s.d. Tableau Dépense intérieure brute de R-D par secteur d'exécution et par secteurs bailleurs de fonds (Millions Monnaie National), OCDE.Stat (base de données), site Web de l'OCDE (distributeur), version mise à jour le 28 septembre 2012.*

*ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES. s.d. Tableau Indicateurs macro-économiques de commerce (Pourcentage du Produit Intérieur Brut), OCDE.Stat (base de données), site Web de l'OCDE (distributeur), version mise à jour le 28 septembre 2012.*

Penn World Table, 2004. *PWT6 Technical Documentation*, Philadelphia, University of Pennsylvania [réf. du 18 octobre 2002], p. 25 <<https://pwt.sas.upenn.edu/Documentation/Doc-tech.pdf>>.

Reich, Robert, 2008. « Le supercapitalisme en gestation », *Supercapitalisme. Le choc entre le système économique émergent et la démocratie*, Paris : Vuilbert, p. 51-91.

Romer, Paul M., 1990. "Capital, Labor and Productivity", *Brookings Papers on Economic Activity. Microeconomics*, Vol. 1990, p. 337-367.

Rotemberg, Julio J. et Lawrence H. Summers, 1988. *Labor Hoarding, Inflexibility Prices and Procyclical Productivity*, National Bureau of Economic Research, Working Paper, N° 2591, p. 45.

Schumpeter, Joseph, 1934. *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, p. 244.

Solow, Robert M., 1956, "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, N° 1, p. 65-94.

STATISTIQUE CANADA. *s.d.* Tableau 051-0001 *Estimations de la population, selon le groupe d'âge et le sexe au 1er juillet, Canada, provinces et territoires, annuel (personnes sauf indication contraire)*, CANSIM (base de données), site Web de Statistiques Canada (distributeur), version mise à jour le 11 juillet 2011.

STATISTIQUE CANADA. *s.d.* Tableau 358-0001 *Dépenses intérieures brutes en recherche et développement, selon le type de science et selon le secteur de financement et le secteur d'exécution, annuel (dollars)*, CANSIM (base de données), site Web de Statistiques Canada (distributeur), version mise à jour le 11 juillet 2011.

STATISTIQUE CANADA. *s.d.* Tableau 383-0009 *Statistiques du travail conformes au Système de comptabilité nationale, selon le secteur, la catégorie d'emploi et le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), annuel (heures)*, CANSIM (base de données), site Web de Statistiques Canada (distributeur), version mise à jour le 11 juillet 2011.

STATISTIQUE CANADA. *s.d.* Tableau 384-0002 *Produit intérieur brut (PIB), en termes de dépenses, comptes économiques provinciaux, annuel (dollars)*, CANSIM (base de données), site Web de Statistiques Canada (distributeur), version mise à jour le 11 juillet 2011.

Terleckyj, Nestor, 1980. "Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries", *New Developments in Productivity Measurement*, National Bureau of Economic Research, p. 357-386.

Van Leeuwen, George et Klomp, Luuk, 2006. "On the contribution of innovation to multi-factor productivity growth", *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 15, N° 4, p. 367-390.

Wells, J.S., J. Baldwin, et J-P Maynard, 1999. "Croissance de la productivité au Canada et aux États-Unis", *l'Observateur Économique Canadien*, Septembre, p. 10.

Wieser, Robert, 2005. "Research and Development, Productivity and Spillovers: Empirical Evidence at the Firm Level", *Journal of Economic Surveys*, Institute of Public Finance and Infrastructure Policy, Vienna University of Technology, Vol. 19, N° 4, p. 587-621.

Wooldridge, J. M, 1995. "Score diagnostics for linear models estimated by two stage least squares", *Advances in Econometrics and Quantitative Economics*, Oxford: Blackwell, p. 66-87.

Zellner, A, 1962. "An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias", *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 57, p. 348-368.