

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LE CAPITAL HUMAIN CANADIEN : QUEL EFFET SUR LA CROISSANCE  
ÉCONOMIQUE ?

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR

MAHDIA KHODJA

AOÛT 2013

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
Service des bibliothèques

Avertissement

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

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier une personne qui, sans son amour, son soutien et son dévouement, je n'aurais ni fini mes études, ni ce travail de mémoire, ni traversé les difficultés qui se sont présentées à moi dans ma vie. Cette personne que j'ai toujours connue, tellement douce et discrète est Ma Mère.

Et la lumière de mes yeux : mes filles.

Un immense merci à mon directeur de recherche M. Wilfried Koch, pour sa disponibilité, son aide précieuse et son soutien. Merci de me pousser à faire toujours mieux. Qu'il trouve en ce travail l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

À tous mes professeurs qui m'ont tant appris, autant sur le plan académique, qu'humain. À mes amis(es), ma deuxième famille.

À tout le personnel administratif de l'Université du Québec à Montréal, dont je cite particulièrement : Mme Martine Boisselle, Mme Francine Germain, Mme Julie Hudon, Mme Lorraine Brisson, ainsi que Mme Josée Parenteau.

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES . . . . .	iv
LISTE DES TABLEAUX . . . . .	vi
RÉSUMÉ . . . . .	viii
INTRODUCTION . . . . .	1
CHAPITRE I	
LA REVUE DE LITTÉRATURE . . . . .	5
CHAPITRE II	
CADRE THÉORIQUE ET MODÉLISATION . . . . .	11
2.1 Les fondements de la modélisation . . . . .	11
2.1.1 Les hypothèses . . . . .	11
2.1.2 L'équation à estimer . . . . .	21
CHAPITRE III	
ÉTUDE EMPIRIQUE . . . . .	23
3.1 Description de la base de données . . . . .	23
3.1.1 L'échantillon : . . . . .	23
3.1.2 Les variables économiques : . . . . .	23
3.1.3 Les variables sociales : . . . . .	25
3.2 Aperçu de la composition du capital humain canadien . . . . .	27
3.3 Les résultats empiriques . . . . .	35
3.3.1 Application . . . . .	35
3.3.2 La stationnarité et la racine unitaire . . . . .	39
3.3.3 L'hétéroscédasticité . . . . .	41
3.3.4 L'autocorrélation . . . . .	45
3.4 Discussion . . . . .	50
CONCLUSION . . . . .	51
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	53

## LISTE DES FIGURES

Figure	Page
2.1 Graphique de spécialisation . . . . .	17
2.2 Graphique de spécialisation lorsque a est de plus en plus grand . . . . .	18
2.3 Graphique de spécialisation lorsque a est de plus en plus petit . . . . .	18
3.1 Évolution du capital humain composant la population active canadienne, par niveau d'instruction atteint (complété ou pas), 1990-2012 . . . . .	27
3.2 Évolution du capital humain composant la population active des pro- vinces canadiennes, l'Alberta et la Colombie Britannique, 1990-2010 . . .	28
3.3 Évolution du capital humain composant la population active des pro- vinces canadiennes, l'Île-du-Prince-Édouard et le Manitoba , 1990-2010	29
3.4 Évolution du capital humain composant la population active des pro- vinces canadiennes, le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, 1990- 2010 . . . . .	30
3.5 Évolution du capital humain composant la population active des pro- vinces canadiennes, l'Ontario et le Québec, 1990-2010 . . . . .	31
3.6 Évolution du capital humain composant la population active des pro- vinces canadiennes, le Saskatchewan et Terre-Neuve-et-Labrador, 1990- 2010 . . . . .	32
3.7 Répartition de la population active dans les trois villes principales et dans le reste du Canada, 2006 - 2012 . . . . .	33

3.8 Évolution de la PTF des provinces canadiennes par rapport à la PTF des États-Unis, 1990-2012 . . . . . 38

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
3.1 Statistiques descriptives . . . . .	26
3.2 L'effet du capital humain destiné à l'innovation sur le taux de croissance de la PTF avant correction, Canada (1990 - 2012) . . . . .	36
3.3 Test de racine unitaire de Lm, Pesaran et Shin avec tendance . . . . .	39
3.4 Test de racine unitaire de Lm, Pesaran et Shin sans tendance . . . . .	40
3.5 L'effet du capital humain destiné à l'innovation sur le taux de croissance de la PTF, contrôle pour l'hétéroscédasticité ( <i>command robust</i> ), Canada, (1990 - 2012) . . . . .	41
3.6 La régression des carrées des résidus sur les variables indépendantes et leur carrés . . . . .	43
3.7 La régression des carrées des résidus sur les variables indépendantes et leur carrés . . . . .	44
3.8 Test de Wooldridge pour l'autocorrélation des résidus . . . . .	45
3.9 Régression des résidus sur les résidus retardés . . . . .	46
3.10 Régression du taux de croissance de la PTF sur les variables indépendantes suite à une correction Cochrane-Orcutt . . . . .	47
3.11 Test de Wooldridge pour l'autocorrélation des résidus . . . . .	47

3.12 Régression du taux de croissance de la PTF sur les variables indépendantes suite à une correction Cochrane-Orcutt . . . . .	48
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## RÉSUMÉ

Le capital humain joue un rôle déterminant dans le processus de la croissance économique, tant par son niveau, sa composition mais surtout par sa qualité. Notre travail consiste à vérifier l'effet du capital humain au Canada sur son économie, en répliquant l'étude faite par Vendenbussche et al. (2006). Notre objectif est d'identifier la distance à la frontière technologique de l'économie canadienne afin d'identifier l'activité qui devrait être privilégiée économiquement. Suite à quoi, nous tenterons d'évaluer l'effet de la composition du capital humain disponible sur les performances économiques.

Nous exploitons un modèle de croissance endogène où le capital humain est distingué en : *capital humain qualifié* utilisé intensivement dans l'activité d'innovation technologique; et en *capital humain non qualifié* utilisé plus intensivement dans l'activité d'adoption technologique. Le modèle permet : (i) d'approximer la distance à la frontière technologique, (ii) de connaître l'activité à privilégier, (iii) d'évaluer en fonction de cette dernière si la dotation en capital humain est pertinente ou pas. Autrement dit, si l'économie est loin de la frontière technologique, est-elle riche en capital humain non qualifié? et quel est l'effet de ce dernier sur la croissance économique? Ou alors, est-elle plutôt proche de la frontière technologique, donc riche en capital humain qualifié? Et quel est l'effet de ce dernier sur la croissance économique.

Nos résultats nous ont permis de conclure que l'économie canadienne est une économie proche de la frontière technologique et que son capital humain qualifié est le moteur de son développement et de sa croissance économique à travers l'activité d'innovation technologique.

## INTRODUCTION

*" Il n'est de richesses que d'hommes "*

*Jean Bodin*

Quant Jean Bodin<sup>1</sup> écrivait cette phrase au 16<sup>e</sup> siècle, cette dernière ne trouva pas tout son sens, ni la profondeur de son contenu, car le contexte social et économique limitait grandement les perceptions individuelles. La réalité étant que l'élite instruite était très privilégiée de pouvoir lire, écrire et d'avoir la possibilité de pousser la réflexion et d'en publier le fruit. Économiquement parlant, Jean Bodin était un précurseur, car il clamait 4 siècles à l'avance ce que Schultz ne publiera qu'en 1961, pour donner toute son importance au *facteur travail*.

Une revue de la littérature révèle que toute description économique de la fonction de production d'avant 1961 illustre cette dernière comme une combinaison d'un progrès technique, d'un facteur capital physique et un facteur travail ; sans préciser outre mesure ce que définit le facteur travail et peut-être même en négligeant son importance par rapport à celle du capital physique. Le facteur travail était seulement le travail physique ou intellectuel à l'échelle de la production elle-même, Schultz lui redonnait toute sa mesure et son importance lorsqu'il s'y intéressait dans son article intitulé «*Investment in human capital*<sup>2</sup>» où on peut lire : "... Economists have long known that people are an important part of the wealth of nations. Measured by what labor contributes

---

1. Jean Bodin (1529-1596), juriconsulte, philosophe et théoricien politique français, qui influença l'histoire intellectuelle de l'Europe par la formulation de ses théories économiques et de ses principes du «bon gouvernement». Il est connu pour avoir introduit plusieurs concepts qui connaîtront par la suite un fort développement, notamment la souveraineté et la théorie quantitative de la monnaie.

2. Schultz, William Theodore, 1960, « Capital Formation by Education » *Journal of Political Economy*, Vol. 68, No. 6, pg. 573

to output, the productive capacity of human beings is now vastly larger than all other forms of wealth taken together.<sup>3</sup> Schultz ne fût pas le premier à se rendre compte de la prédominance du rôle du *capital humain* jusque-là connu comme *facteur travail* dans le processus productif et par différence dans la création de richesses. Mais il fût le premier à oser le qualifier de "capital" comparable au capital physique, qu'il fallait mesurer, entretenir et développer en y investissant, et cela, loin de toute considération ou de comparaison dégradante comme on peut le lire plus loin dans son article : "...The mere thought of investment in human beings is offensive to some among us. Our values and beliefs inhibit us from looking upon human beings as capital goods, except in slavery, and this we abhor<sup>4</sup>".

Le capital humain sera alors beaucoup plus que la force physique, car "il recouvrira toutes les connaissances, les qualifications, les compétences et les autres qualités d'un individu qui favorisent le bien-être personnel, social et économique<sup>5</sup>". En d'autres mots, il sera une richesse individuelle, composée essentiellement du savoir et de la santé, qui procure des avantages aussi bien sur le plan collectif que personnel<sup>6</sup>.

Les spécialistes distinguent deux catégories de capital humain : le capital humain qualifié (*skilled human capital*) et le capital humain non qualifié (*unskilled human capital*). Le premier regroupe les individus avec les niveaux d'éducation les moins avancés comme le primaire, le secondaire et le postsecondaire et le niveau collégial alors que le

---

3. Traduction : les économistes savent depuis longtemps que les gens sont une partie importante dans la richesse des nations. Mesurée par la contribution du travail dans la production, la capacité de production des êtres humains est aujourd'hui largement supérieure à toutes les autres formes de richesses prises ensemble

4. Traduction : la seule pensée de l'investissement des êtres humains est offensante pour certains d'entre nous. Nos valeurs et nos croyances nous empêchent de regarder les êtres humains comme des biens d'équipement, à l'exception de l'esclavage, et cela nous abhorrons

5. dans "La valeur des gens" page 30, publication "Les essentiels de l'OCDE : Le capital humain", disponible au : <http://www.oecd.org/fr/lesessentiels/38081744.pdf>

6. Institut de la statistique du Québec : [http://www.stat.gouv.qc.ca/donstat/dev\\_durable/definitions\\_metho.htm#type\\_capitaux](http://www.stat.gouv.qc.ca/donstat/dev_durable/definitions_metho.htm#type_capitaux)

second regroupe le reste des niveaux donc les diplômes universitaires égaux ou supérieurs au baccalauréat. Il nous vient alors à l'esprit de se demander si les deux types de capital humain jouent un rôle dans le processus de croissance ou juste un des deux et comment ? Un consensus se serait établi suite aux études récentes et laisse entendre que le capital humain est le moteur de la croissance économique à travers l'innovation technologique<sup>7</sup>, mais dépendamment des hypothèses des études faites, certains fondent leurs raisonnements sur le fait que le capital humain en question est une combinaison des deux types alors que d'autres optent pour l'un ou l'autre selon l'activité de l'économie ou les économies d'intérêt. À présent, nous souhaitons préciser ce que définit le concept d'innovation technologique. On peut définir l'innovation technologique comme toute nouvelle combinaison des facteurs dans la fonction de production ; elle inclut aussi bien les nouvelles techniques de production et les nouveaux produits que les formes de gestion des entreprises, l'exploitation de nouveaux marchés ou de nouvelles sources de matières premières<sup>8</sup>. C'est une étape dans l'évolution qui est nécessairement précédée par ce qu'on appelle l'adoption technologique. Cette dernière signifie la mise à niveau technologique ou l'imitation. L'adoption technologique consiste en l'initiation à toute innovation technologique déjà existante, sa maîtrise et son intégration dans les processus productifs. Le capital humain jouerait un rôle important tant par son volume, sa composition, mais surtout par son niveau et sa qualité ; il permet en effet l'adoption technologique et c'est son évolution qui permettra la transition vers l'innovation puisque les individus auront développé leurs compétences au point de créer.

Le lien avec notre travail est que nous souhaitons faire une adaptation de l'étude faite par Vendenbussche, Aghion et Meghir<sup>9</sup> sur les pays de l'OCDE en 2006, à l'économie

---

7. Voir Aghion et Howitt (1998) et Acemoglu (1996, 2002)

8. A. Beitone, C. Dollo, J.P. Guidoni, A. Legardez, " Dictionnaire des sciences économiques ", Armand Colin éditeur, Paris, 1991, p. 181

9. Vendenbussche J., Aghion P. et Meghir C., 2006, " Growth, Distance to Frontier and Composition of Human Capital", Springer Science et business media, original article, pg. 131.

canadienne afin d'y évaluer l'effet de son capital humain à travers sa composition. L'étude de Vendenbussche et al. devait apporter une réponse à la problématique liée des travaux de Krueger et Lindahl (2001), c'est-à-dire que "education [is] statistically significant and positively associated with subsequent growth only for the countries with the lowest level of education <sup>10</sup>". Littéralement, l'éducation n'est statistiquement significative et positivement associée à une croissance subséquente que pour les économies avec les niveaux d'éducation les plus bas, autrement dit, un capital humain avec un niveau d'éducation identique n'aurait pas le même effet sur la croissance des différentes économies. Pour expliquer ce fait, nous nous baserons sur le principe développé en 1966 par Nelson et Phelps selon lequel plus une économie est loin de la frontière technologique plus sa vitesse de convergence traduite en gains en taux de croissance sera grande. Et que plus une économie se rapproche de la frontière, plus ces gains se réduisent. On pourrait illustrer cet état par une course de voiture avec différents niveaux de départ et une même ligne d'arrivée, ainsi plus les voitures sont éloignées sur leur ligne de départ plus la distance à parcourir pour atteindre la ligne d'arrivée sera importante et plus la vitesse pratiquée sera importante ; le contraire est aussi vrai.

Notre travail comportera trois parties. La première sera une revue de littérature exhaustive. Elle sera suivie par une exposition du cadre théorique et des fondements de l'analyse. Et le tout sera corroboré par une étude empirique exploitant les données sur les provinces canadiennes sur la période 1990-2012 et par une discussion des résultats au vu du contexte socio-économique de l'économie sur la période d'intérêt qui complètera notre étude.

---

10. Ibid, pg. 1

## CHAPITRE I

### LA REVUE DE LITTÉRATURE

La revue de la littérature en lien avec le rôle des individus dans le processus de production, nous a fait remonter jusqu'à Adam Smith<sup>1</sup> qui affirmait en 1776 que la croissance était liée à la division du travail, mais sans les lier de manière claire. Ailleurs, Thomas Malthus développait sa théorie qualifiée le plus souvent de "pessimiste" puisqu'à l'opposé des autres penseurs de l'époque, il prêchait le contrôle de la natalité. De son point de vue, la dynamique du processus de croissance devait être telle que chaque pays converge vers un état stationnaire grâce à un revenu par habitant fixe. Par conséquent, le contrôle de la natalité était primordial pour maîtriser la croissance de la population et celle de l'économie. Plus récemment, on cite les travaux de Becker, Murphy et Tamura en 1994, qui explorent l'effet d'une natalité en hausse sur les choix intertemporels de consommation et d'investissement, qui sont vraisemblablement révisés à la baisse et alors affecteraient négativement l'accumulation du capital physique et surtout du capital humain.

Un article important est celui de Schultz (1961) cité en introduction, ainsi que celui écrit en 1960<sup>2</sup>. Ces articles avaient défini les éléments à analyser en matière de capital humain et ouvert la voie à une nouvelle approche. Dans laquelle nous trouverons

---

1. Dans son ouvrage la richesse des nations en 1776

2. Schultz W. T., « Capital Formation by Education », *Journal of Political Economy*, Vol. 68, N° 6, pg. 571-583.

différentes perspectives et champs d'intérêt tous reliés au capital humain et la croissance économique.

Une perspective d'étude parmi d'autres est celle de l'effet du capital humain sur la croissance en niveau versus la croissance en stock, les travaux sur la question sont ceux de Mincer (1981), Lucas (1988) et Mankiw, Romer et Weil (1992). À partir de 1994, on notera des études plus spécifiques qui s'intéresseront à l'effet du volume, de la composition et de la qualité du capital humain comme celle faite par Benhabib et Spiegel (1994). Les modèles exploités sont des modèles de théorie de croissance endogène explorant les effets des niveaux d'éducation des travailleurs sur la production et la capacité à générer de la croissance. Par ailleurs, les travaux de Castelló et Doménech (2000) sont des plus intéressants, puisqu'ils se sont intéressés à l'inégalité du capital humain à travers les pays. Et dont les résultats principaux sont : (1) qu'il existe une différence de répartition du capital humain plus importante entre les pays qu'à l'intérieur de chaque pays ; (2) que les sociétés ayant un plus grand stock de capital humain sont aussi les sociétés avec une meilleure répartition selon l'éducation (3) et que la prise en considération l'inégalité du capital humain améliore les mesures de revenu dans l'estimation de la croissance et de l'accumulation des facteurs.

D'autre part, de plus en plus de chercheurs s'intéresseront à la relation capital humain - croissance économique en explorant les canaux directs et indirects impliquant notamment le financement, les politiques en matière d'éducation et, notamment, les institutions. L'étude de Krueger et Lindahl (2001) en est un bon exemple, l'étude en question portait sur la relation causale entre éducation et croissance, puis sur l'effet de la première sur la seconde à travers le niveau d'instruction atteint. Les résultats étaient remarquables puisque les auteurs concluaient par : "...Education," as Harbison and Myers (1965) stress, "is both the seed and the flower of economic development." It is difficult to separate the causal effect of education from the positive income demand

for education in cross-country data over long time periods<sup>3, 4</sup>. Le second résultat est que l'éducation n'est statistiquement significative et positivement associée à une croissance subséquente que pour les économies avec les niveaux d'éducation les plus bas. Cela dit, les résultats précédents posent des interrogations concernant le lien entre le capital humain et les institutions mais aussi concernant l'implication de ce premier dans le processus de la croissance des nations. À priori, on peut constater que les institutions influencent la croissance économique entre autre par la mise en place de système bancaire adapté et efficace, de liberté financière qui encourage l'entrepreneuriat, de lois de protection de la propriété privée et intellectuelle et un système d'éducation performant qui favorise la formation et l'évolution du capital humain et donc fortifie l'activité de recherche et développement (R&D). Mais qu'est-ce que les d'institutions ?

Selon Greif<sup>5</sup>(2006), *les institutions* sont les règles de jeu d'une société donnée, ainsi que toutes les formes d'organisations économiques et l'ensemble des croyances qui façonnent l'interaction entre les agents économiques. Elles englobent les lois officielles et officieuses, les conventions, les us et coutumes, ainsi que toute forme d'organisation sociétale et/ou économique, de même que les croyances et même l'absence de croyances dans les pratiques des individus ou des groupes. Quelques exemples de ce qui précède sont : le recours à la pratique du crédit et de l'intérêt au vu des croyances religieuses et/ou tribales et les coutumes faisant office de lois (notamment en matière de commerce). De fait, l'observation minutieuse des économies peut révéler des similitudes économiquement parlant à travers les pays, mais il est pratiquement impossible d'identifier deux systèmes, dans deux pays qui soient une réplique exacte l'une à l'autre. De même que l'on peut déduire des fondements institutionnels très similaires, mais les résultats en terme d'institutions

---

3. Traduction française : "L'éducation ", comme le soulignent Harbison et Myers (1965), "est à la fois la graine et la fleur du développement économique. "Il est difficile de dissocier l'effet causal de l'éducation de la demande de revenu positif pour l'éducation en données transversales sur longues périodes.

4. Krueger, A. et Lindahl M., "Education for growth : Why and for whom", *Journal of Economic Literature*, Vol. 39, 2001, pg. 1131

5. A. Greif, "Institutions and the Path to the Modern Economy : Lessons from Medieval Trade", Cambridge University Press, Cambridge, 2006, pg. 1-31

ne sont pas forcément les mêmes, et c'est ce que confirment les études en la matière. Autre question pertinente, est-ce que les sociétés devraient-elles calquer et/ou adopter automatiquement les institutions existantes dans d'autres sociétés ? La réponse est que non, car les institutions sont issues des besoins et de la nature des sociétés et l'adoption d'institutions étrangères au contexte sociétal et/ou économique ne garantit pas sa réussite, ni la réussite des objectifs visés par son implantation.

Une étude pertinente dans le domaine est celle faite par Acemoglu, Aghion et Zilibotti<sup>6</sup> (2006) qui reprend le concept d'*institutions appropriées* développé par Gerschenkron<sup>7</sup> en 1962, pour illustrer le fait que les institutions à la base du développement et du renforcement du processus de croissance économique des pays devraient évoluer au fur et à mesure que ces dernières se rapprochent de la frontière technologique. En d'autres mots, que les économies devraient choisir de se spécialiser économiquement soit par le processus d'adoption technologique ou en innovation technologique, selon leur distance à la frontière technologique. Les institutions appropriées sont tout simplement les institutions 'adaptées' ou 'adéquates' existantes ou à adopter dans une économie ou une société donnée, et qui lui permettraient d'atteindre un niveau d'avancement technologique et/ou économique supérieur à celui connu, et cela, en fonction de sa dotation initiale en facteurs de production.

Revenons à présent aux notions de frontière technologique et de distance à la frontière. *La frontière technologique* désigne l'ensemble des processus de production qui, à un moment donné, sont les plus efficaces. Ils combinent les biens capitaux les plus avancés et le niveau de compétence le plus élevé du travail. La frontière technologique mondiale, dans une industrie donnée, évolue grâce à l'effort de recherche et

---

6. D. Acemoglu, P. Aghion et F. Zilibotti, "Distance to frontier, selection and economic growth", NBER Working paper, N. 9066, 2006, pg. 1-45.

7. A. Gerschenkron, "Economic Backwardness in Historical Perspective : A Book of Essays", Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, 1962.

de développement dans les pays les plus avancés. Les pays qui ne se situent pas à la frontière technologique peuvent, en utilisant les outils de production les plus avancés dans le monde, bénéficier d'un effet de rattrapage en enregistrant un taux de croissance supérieur à celui de ces derniers. Pour cela, il leur faut évidemment fournir des efforts importants d'investissement tant au niveau des matériaux, qu'au niveau de la formation des individus<sup>8</sup>. La frontière technologique mondiale évolue grâce au progrès technique, et donc à l'investissement en recherche et développement des pays les plus avancés. De ce fait, on peut définir *la distance à la frontière technologique* comme l'écart entre l'avancement technologique d'une firme donnée par rapport à la firme leader dans un domaine précis. Ou le cas échéant, entre un pays et le pays à la frontière technologique. Empiriquement parlant, il est courant d'utiliser la Productivité Totale des Facteurs (PTF) comme mesure de l'avancement technologique pour chaque pays en comparaison à celle des États Unis<sup>9</sup>.

En notant que les économies n'évoluent pas toutes au même niveau d'avancement technologique, ni à la même vitesse, et que les économies des pays développés ont pu avancer plus rapidement en raison de leur dotation en facteurs de production en plus des conditions socio-économiques des populations ; ces dernières sont plus avancées technologiquement et économiquement que les premières. Par conséquent, les économies des pays développés, c'est-à-dire proches de la frontière technologique, devraient prioriser l'innovation technologique, alors que les économies les moins développées se trouvant plus loin de la frontière technologique devraient opter pour l'adoption technologique. Et pour cela, elles devraient adapter leurs institutions, ou adopter celles qui leur permettraient de se rapprocher de la frontière et ainsi converger vers des niveaux de croissance et de développement économique plus importants. Devrait alors se produire le phénomène de convergence à différentes vitesses tel qu'illustré par le modèle de Solow, sur lequel nous reviendrons plus en détail dans la partie théorique. Cela dit, l'idée principale à

---

8. Dictionnaire économique en ligne aygosi ; <http://aygosi.pagesperso-orange.fr/1F.html>

9. Opcit.

retenir concernant ce phénomène est la suivante : plus une économie est loin du point de convergence plus la vitesse de convergence est grande et les gains en terme de taux de croissance sont importants et plus elle se rapprochera du point de convergence moins la vitesse et les gains deviendront importants.

Dans cette lignée de travaux nous avons aussi les travaux de Aghion, Boustan, Hoxby et Vandenbussche (2006) et Vandenbussche, Aghion et Meghir (2006) que nous avons choisi de répliquer et qui exploitent tous les deux un modèle de théorie de la croissance endogène pour évaluer l'effet du capital humain sur l'économie à la différence que les premiers introduisent la condition de migration et les autres pas. Nous développerons plus en détail le modèle théorique dans le chapitre qui suit.

## CHAPITRE II

### CADRE THÉORIQUE ET MODÉLISATION

#### 2.1 Les fondements de la modélisation

##### 2.1.1 Les hypothèses

Le modèle est bâti sur les hypothèses suivantes : le monde est composé d'un nombre fini d'économies ne pratiquant pas de commerce international. La population de travailleurs est normalisée à 1, constituée d'un capital humain hétérogène : qualifié (S) et non qualifié (U). Le nombre d'unités de travail est une donnée exogène, considérée comme une constante dans le temps. Tous les agents vivent une seule période et le temps est discret. Les producteurs produisent un bien final  $Y$  selon une fonction de production Cobb-Douglas en utilisant un continuum 1 de biens intermédiaires tel que :

$$Y = l_t^{1-\alpha} \int_0^1 A_{i,t}^{1-\alpha} x_{i,t}^\alpha di \quad (2.1)$$

<sup>1</sup> avec :  $\alpha \in (0, 1)$ ,

$A_{i,t}$  : représente la productivité du secteur  $i$ ,

$x_{i,t}$  : représente la quantité de biens intermédiaires utilisés dans la production du bien

---

1. Nous sommes reconnaissant envers M. Alain de la Croix pour ses commentaires pertinents, lors de sa lecture d'évaluation de notre travail. Et qui nous a proposé une version modifiée de la fonction de production en rapport avec notre étude, dont le développement permet de constater entre autre que le prix devrait être en fonction décroissante du niveau de la productivité dans le secteur. Hypothèse pertinente que nous n'avons pas posé pour notre travail puisque nous avons exploité le modèle de l'article d'origine de Vendenbussche et al. (2006) et qui supposaient que le prix était indépendant du niveau de la technologique, ce que soutient le développement algébrique de leur article.

final Y en t.

$l_t$  : représente la quantité de terres utilisées dans la production du bien final Y en t, normalisée à 1 par souci de simplification.

### *La production du bien final*

La production du bien final Y est concurrentielle, selon la fonction suivante (après simplification) :

$$Y_t = \int_0^1 A_{i,t}^{1-\alpha} x_{i,t}^\alpha di \quad (2.2)$$

avec :  $\alpha \in (0, 1)$ ,

$A_{i,t}$  : représente la productivité du secteur i,

$x_{i,t}$  : représente la quantité de biens intermédiaires utilisés dans la production du bien final Y en t.

La condition de premier ordre du producteur du bien final est la suivante :

$$p_{i,t} = \frac{\partial y_t}{\partial x_{i,t}} = \alpha A_{i,t}^{1-\alpha} x_{i,t}^{\alpha-1} = \alpha \frac{A_{i,t}^{1-\alpha} x_{i,t}^\alpha}{x_{i,t}} = \alpha \frac{y_{i,t}}{x_{i,t}} \quad (2.3)$$

L'équation ci-haut décrit le prix comme égal à la productivité marginale du bien intermédiaire.

### *La production de bien intermédiaire*

Dans chaque secteur intermédiaire  $i$ , les producteurs doivent faire le choix de production de bien  $i$  selon la productivité  $A_{i,t}$ , en utilisant le bien final comme capital tel que une unité de bien final égale une unité de capital et donne une unité de bien intermédiaire (technologie un pour un), le choix optimal du monopole est celui permettant

de maximiser le profit suivant :

$$\max_{x_{i,t}} (p_{i,t} x_{i,t} - x_{i,t}) \quad (2.4)$$

avec :  $x_{i,t}$  : représente la quantité de biens intermédiaires utilisés dans la production.

$p_{i,t}$  : le prix du bien intermédiaire  $x_{i,t}$ .

À l'équilibre la quantité optimale et le prix sont :

$$x_{i,t} = \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} A_{i,t} \quad (2.5)$$

et

$$p_{i,t} = \frac{1}{\alpha} \quad (2.6)$$

Puisque chaque producteur ne peut produire qu'un bien  $i$ , et chaque bien intermédiaire est rémunéré à sa productivité marginale. À l'équilibre le profit de chaque producteur sera :

$$\pi_{i,t} = (p_{i,t} - 1)x_{i,t} = \theta A_{i,t} \quad (2.7)$$

avec

$$\theta \equiv \left(\frac{1}{\alpha} - 1\right) \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} \quad (2.8)$$

À l'équilibre,  $x_{i,t}$  est une fonction croissante de l'élasticité  $\alpha$  et de la productivité  $A_{i,t}$ , il en est de même pour le profit.

### *Résolution et équilibre*

Au début de chaque période, chaque firme doit faire son choix concernant l'activité à exercer : l'adoption ou l'innovation, selon sa distance à la frontière technologique. De ce fait, elle doit prévoir aussi ses dotations en différents types de capital humain :

- $u_{n,i,t}$  (resp.  $u_{m,i,t}$ ) : représente la dotation en travail non qualifié consacré à l'activité de l'innovation (resp. à l'imitation).
- $s_{n,i,t}$  (resp.  $s_{m,i,t}$ ) : représente la dotation en travail qualifié consacré à l'activité de l'innovation (resp. à l'imitation)

Comme décrit dans les hypothèses, le progrès technologique est une combinaison linéaire de l'imitation et de l'innovation, ce qui mathématiquement exprimé donne :

$$A_{i,t} = A_{i,t-1} + \lambda[u_{m,i,t}^\sigma s_{m,i,t}^{1-\sigma}(\bar{A}_{t-1} - A_{t-1}) + \gamma u_{n,i,t}^\phi u_{m,i,t}^{1-\phi} A_{t-1}] \quad (2.9)$$

avec :

$A_{i,t}$  : représente la productivité du secteur i en t,

$A_{i,t-1}$  : représente la productivité du secteur i en t-1,

$\sigma$  (resp.  $\phi$ ) : est l'élasticité du travail non qualifié dans l'activité de l'imitation (resp. innovation).

$\gamma$  : ( $> 0$ ) est une mesure de l'efficacité relative de l'innovation par rapport à l'imitation, à générer une croissance de la productivité.

$\lambda$  : ( $> 0$ ) est une mesure de l'efficacité du processus global d'amélioration technologique de la productivité.

L'équation susmentionnée exprime le progrès technique en t en fonction de son niveau en t-1, plus une mesure de l'amélioration technologique, exprimée en distance à la frontière technologique en t-1 ajustée par l'efficacité relative de l'innovation par rapport à l'imitation.

Pour refléter le fait que l'intensité du capital humain S (resp. U) dans l'innovation (l'imitation) est supérieure à celle de l'imitation (resp. l'innovation), les auteurs font l'hypothèse que  $\phi < \sigma$ .

Donc, la fonction à maximiser pour chaque entrepreneur est la suivante :

$$\max_{u_{n,i,t}, u_{m,i,t}, s_{n,i,t}, s_{m,i,t}} \lambda \theta [u_{m,i,t}^\sigma s_{m,i,t}^{1-\sigma} (1 - a_{t-1}) + \gamma u_{n,i,t}^\phi u_{m,i,t}^{1-\phi} a_{t-1}] \bar{A}_{t-1} - W_{i,t} \quad (2.10)$$

Avec :  $W_{i,t}$  : le coût de la main-d'œuvre totale dû à l'amélioration de la productivité par la firme intermédiaire  $i$  en  $t$ , il est égal à :

$$W_{i,t} = w_{u,t}(u_{n,i,t} + u_{m,i,t}) + w_{s,t}(s_{n,i,t} + s_{m,i,t})\bar{A}_{t-1} \quad (2.11)$$

Notons que  $w_{u,t}\bar{A}_{t-1}$  et  $w_{s,t}\bar{A}_{t-1}$  représente respectivement la rémunération du travail non qualifié ( $u$ ) et du travail qualifié ( $s$ ).

La fonction à maximiser représente le gain généré grâce au processus d'amélioration technologique de la productivité décrit en 2.9, par rapport au niveau de cette dernière à la période  $t-1$  ; dont on déduit du coût de cette amélioration, c'est-à-dire, le coût total de la main d'oeuvre impliqué dans ce processus.

Pour simplification, et comme toutes les firmes maximisent la même fonction, à l'équilibre nous aurons :

$$u_{n,i,t} \equiv u_{n,t} ; u_{m,i,t} \equiv u_{m,t} ; s_{n,i,t} \equiv s_{n,t} ; s_{m,i,t} \equiv s_{m,t} \quad (2.12)$$

Sachant que :  $S = s_{n,t} + s_{m,t}$  ;  $U = u_{n,t} + u_{m,t}$

Les conditions de premier ordre sont :

$$\sigma u_m^{\sigma-1} s_m^{1-\sigma} (1-a) = \gamma \phi (U - u_m)^{\phi-1} (S - s_m)^{1-\phi} a \quad (2.13)$$

$$(1-\sigma) u_m^\sigma s_m^{-\sigma} a = \gamma (1-\phi) (U - u_m)^\phi (S - s_m)^{-\phi} a \quad (2.14)$$

Après division des deux équations de premier ordre, on peut arriver à l'égalité suivante :

$$\sigma(1-\phi) s_m (U - u_m) = (1-\sigma) \phi u_m (S - s_m) \quad (2.15)$$

qu'on peut réécrire :

$$\eta \frac{u_n}{s_n} = \frac{u_m}{s_m} \quad (2.16)$$

$$\text{avec : } \eta \equiv \frac{\sigma(1-\phi)}{(1-\sigma)\phi} > 1 \quad (2.17)$$

À partir de l'équation 2.13. on peut écrire  $u_m$  en fonction de  $s_m$ , forme qui sera utile pour le calcul des autres résultats :

$$u_m = \frac{\eta U s_m}{S + (\eta - 1)s_m} \quad (2.18)$$

La formule classique de la distance à la frontière du pays en  $t$  est donnée par :  $a_t = A_t/\bar{A}_t$

à l'équilibre, le taux de croissance de la productivité (PTF) est égal à :

$$g = \begin{cases} (\gamma\lambda)[\phi h(a)^{1-\phi}U + (1-\phi)h(a)^{-\phi}S] \\ ou \\ (\gamma\lambda)[\phi h(a)^{1-\phi}\frac{U}{U+S} + (1-\phi)h(a)^{-\phi}\frac{S}{U+S}](U+S) \end{cases} \quad (2.19)$$

$$\text{avec } h(a) \equiv \left( \frac{(1-\sigma)\psi^\sigma(1-a)}{(1-\phi)\gamma a} \right)^{\frac{1}{\sigma-\phi}}$$

## Analyse graphique

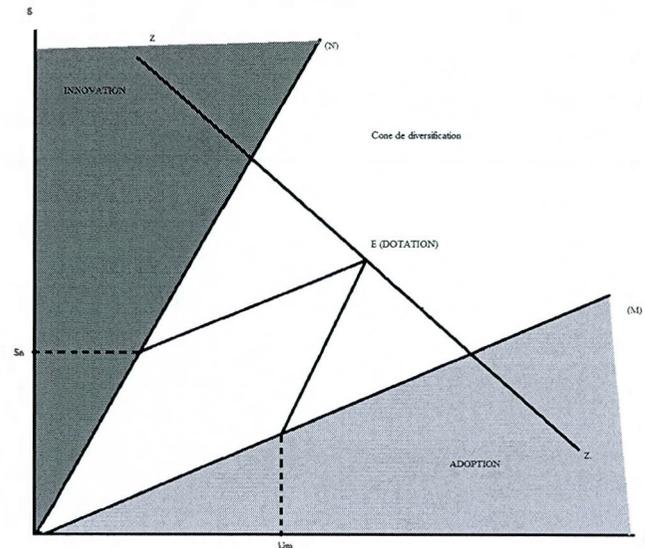


Figure 2.1 Graphique de spécialisation

La figure ci-haut illustre les solutions envisageables à chaque période pour les économies. Le graphe est fait avec en abscisse le travail non qualifié et en ordonnée le travail qualifié. L'analyse des solutions se fait sous l'hypothèse que l'on retrouve dans l'article original :

$$\frac{h(a)}{\psi} \leq \frac{S}{U} \leq h(a) \quad (2.20)$$

Les auteurs démontrent l'existence de solutions en coin si les deux bornes de l'inégalité ne sont pas respectées, donnant lieu aux possibilités : plus haut que la droite (N) [zone en gris foncé], et en dessous de la droite (M) [zone en gris clair]; en pratique, cela signifie une pleine spécialisation en activité d'innovation pour le premier cas et la pleine spécialisation en adoption pour le deuxième cas. Les tracés de droites (M) et (N) représentent donc les frontières déduites de l'inégalité susmentionnée.

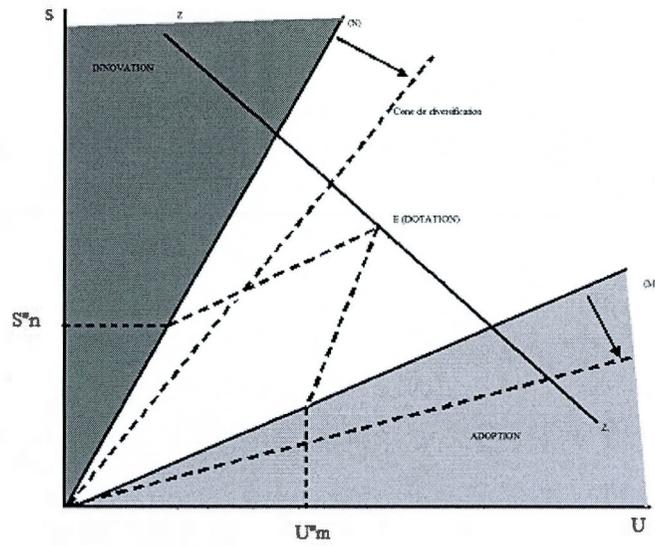


Figure 2.2 Graphique de spécialisation lorsque  $a$  est de plus en plus grand

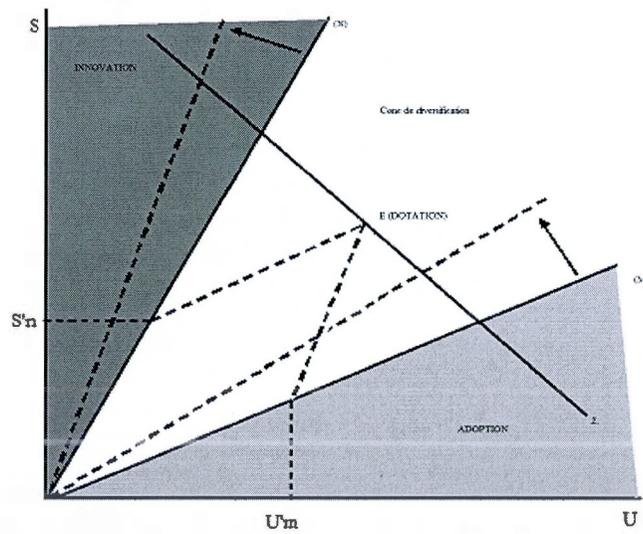


Figure 2.3 Graphique de spécialisation lorsque  $a$  est de plus en plus petit

En respectant l'inégalité, les auteurs démontrent l'existence de solutions intérieures, c'est-à-dire, lorsque le ratio est compris strictement entre les deux bornes. C'est l'espace compris entre les deux lignes (M) et (N), en forme de cône incluant toutes les possibilités de combinaisons des deux activités possibles. Si le point d'équilibre est dans cet espace, il n'est possible de le faire évoluer qu'en faisant glisser la droite (ZZ) parallèlement à sa position initiale. Car la droite (ZZ) est une droite à 45°, permettant de faire varier la composition du capital humain tout en respectant la constante du ratio des deux agrégats (i.e.  $S + U = 1$ ).

Quant l'économie devient relativement riche en travail qualifié, l'emploi des deux types de travail augmente en innovation et diminue en adoption. Le contraire est aussi vrai ; c'est à dire que lorsque l'économie est moins bien dotée en travail qualifié et devient relativement riche en travail non qualifié, l'emploi des deux types de travail augmentent en adoption et diminuent en innovation.

Autre élément d'analyse est la comparaison en fonction de la distance à la frontière. Il est important de retenir que  $a$  qui représente la distance à la frontière technologique est un nombre positif compris entre 1 et 0, i.e. :  $1 > a > 0$ , donc plus un pays est proche de la frontière plus  $a$  sera grand et au contraire plus le pays se situera loin de la frontière plus son  $a$  sera petit.

L'effet remarqué d'une hausse de  $a$  est une pivotement des droites (M) et (N) dans la même direction des aiguilles de la montre, alors que les dotations tendent à grimper sur la droite (ZZ) pour se rapprocher de plus en plus de la droite (N). D'autre part, on peut observer une réallocation de la main d'œuvre non qualifiée qui travaillait dans le secteur de l'adoption vers celui de l'innovation selon le principe de Rybczynski. Comme démontré par Vendambussche et al. l'effet du capital humain qualifié à la proximité de la frontière technologique est décuplé. L'augmentation du volume des travailleurs qualifiés induira une augmentation des niveaux de salaires, ce qui attirera un volume important de travailleurs non qualifiés motivés par le gain potentiel. Les travailleurs feront ainsi

baisser les coûts et augmenteront la production plus que proportionnellement par rapport au volume de capital humain. Autrement dit, le capital humain qualifié à proximité de la frontière aura un effet de réallocation des deux catégories de travailleurs de l'activité d'adoption vers celui de l'innovation et augmentera formellement la production dans cette dernière. Le contraire peut être vérifié pour le capital humain non qualifié sous les mêmes hypothèses. Autres résultats importants selon les auteurs :

- Si une économie utilise un capital humain à composition constante, une augmentation du volume de ce dernier favorisera la croissance économique, c'est-à-dire que si le capital humain est régulièrement augmenté en respectant les proportions des travailleurs par niveau de qualification ou d'éducation ; cela augmentera directement les capacités de production et favorisera la croissance économique.
- si une économie utilise un capital humain dont l'augmentation est constante, mais dont la composition n'est pas constante, alors son effet sur la croissance dépendra de la composition en question et de la distance à la frontière de l'économie. À titre d'exemple : en supposant que l'économie en question se situe très loin de la frontière technologique, que son capital humain augmente régulièrement et que l'on observe une augmentation marquée des travailleurs avec niveau supérieur. Sachant que l'économie est à un stade où elle devrait favoriser l'adoption technologique qui utilise intensivement le capital humain non qualifié, et non le capital humain qualifié, cette forte concentration en capital humain qualifié représente un gaspillage potentiel.

### 2.1.2 L'équation à estimer

Pour la partie empirique, nous utiliserons l'équation suivante; le choix de cette forme est justifié par le concept précédemment développé d'*institutions appropriées*. La variable dépendante est le taux de croissance de la PTF, car cette dernière est une mesure représentative de l'avancement économique :

$$g_{i,t} = \alpha_{0,t} + \alpha_{1,t}a_{i,t-1} + \alpha_{2,t-1}f_{i,t-1} + \alpha_{3,t}a_{i,t-1} * f_{i,t-1} + \nu_i + \varepsilon_{i,t-1} \quad (2.21)$$

avec :

$g_{i,t}$  : Le taux de croissance de la productivité que nous substituerons par le taux de croissance de l'économie, soit le taux de croissance du PIB.

$a_{i,t-1}$  : représente la distance à la frontière technologique soit le log de  $A_{i,t-1}/A_{t-1}^-$ .

$f_{i,t-1}$  : représente la fraction de la population avec un niveau d'éducation supérieur en t-1

$\nu_i$  : composante individuelle ou effet province.  $\varepsilon_{i,t-1}$  : le résidu.

Le choix de l'équation se réfère à l'effet du capital humain sur la croissance à travers les institutions appropriées développées en revue de littérature. En exploitant l'équation 2.17, nous avons calculé les dérivées  $\frac{\delta^2 g}{\delta S \delta a}$  et  $\frac{\delta^2 g}{\delta U \delta a}$ , respectivement, la dérivée du taux de croissance de la PTF par le capital qualifié (S) et le capital humain non qualifié (U) . Nous avons obtenu les équations :

$$\begin{aligned} \frac{\partial g}{\partial S} &= \Psi h(a)^{-\phi} & \text{avec : } \Psi &= (\gamma\lambda)(1 - \phi) \\ \text{et} & & & \\ \frac{\partial g^2}{\partial S \partial a} &= -\Psi \phi h'(a) h(a)^{-\phi-1} \end{aligned} \quad (2.22)$$

D'autre part :

$$\begin{aligned} \frac{\partial g}{\partial U} &= \chi h(a)^{-\phi} && \text{avec : } \chi' = \gamma\lambda\phi \\ \text{et} &&& (2.23) \\ \frac{\partial^2 g}{\partial U \partial a} &= \chi(1 - \phi)h'(a)h(a)^{-\phi} \end{aligned}$$

Les résultats susmentionnés traduisent les rapports du taux de croissance à la distance à la frontière, par rapport à l'utilisation du capital humain qualifié et non qualifié. nous pouvons distinguer dès lors les deux cas de figure suivants, à proximité de la frontière technologique :

- Si la main d'oeuvre est fortement dotée en capital humain qualifié : le rapport à la distance est négatif, c'est-à-dire, plus on est proche de la frontière plus le gain en taux de croissance sera petit. Plus le capital humain qualifié aura un effet positif car renforcé par l'interaction entre cette proximité et la dotation en capital humain positive aussi.
- Si la main d'oeuvre est fortement dotée en capital humain non-qualifié : le rapport à la distance est positif, car plus est loin de la frontière plus les gains potentiels en croissance seront importants. Aussi le capital humain non-qualifié aura un effet bénéfique et positif car renforcé par l'interaction entre cette proximité et la dotation en capital humain.

Notamment, et selon les résultats rapportés par Vendenbussche et al. : il se peut que dans le cas où le pays soit proche de la frontière technologique et bien que le capital humain qualifié devrait avoir un effet positif et important, si la PTF du pays est inférieure à celle de la frontière technologique de plus de 17 %. On observerait que les signes attendus pour les estimés respectifs seraient inversés ; à savoir que celui de la distance à la frontière serait positif au lieu d'être négatif, alors que ceux de la fraction du capital humain et l'interaction des deux variables seraient négatifs au lieu d'être positifs.

*Les signes attendus* sont : négatif pour coefficient de la distance à la frontière, et positifs pour les coefficients de la fraction du capital humain et l'interaction des deux variables ; ou inversement.

## CHAPITRE III

### ÉTUDE EMPIRIQUE

#### 3.1 Description de la base de données

Notre base de données est constituée à partir de données de Statistique Canada et de l'Enquête sur la Population Active (EPA) disponible sur Cansim et des données de la Banque Mondiale.

##### 3.1.1 L'échantillon :

Nous exploiterons pour notre étude un échantillon composé des 10 provinces canadiennes, sur la période 1990-2012. Ce choix se justifie par le nombre importants d'observations que nous pouvons avoir. Les données sont trimestrielles.

##### 3.1.2 Les variables économiques :

- ***L'output*** : on utilisera pour cette mesure le Produit Intérieur Brut (PIB) en prix constants, prélevée sur les données de la Banque Mondiale pour le Canada et les États-Unis. Ainsi que le Produit Intérieur Brut (PIB) en prix de base pour les provinces canadiennes, selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), disponibles pour la période (1990-2012) sur Cansim.
- ***Le capital physique*** : Nous prenons comme référence le modèle de Solow où l'ac-

cumulation du capital se selon la règle :

$$\dot{K}_t = I_t - \delta K_t$$

avec :

$\dot{K}_t$  : le taux de croissance du stock de capital physique en t .

$I_t$  : l'investissement en t .

$\delta K_t$  : la dépréciation du capital physique en t.

En plus des données sur le capital physique nous avons besoin aussi de données concernant le stock de capital physique. Bien que pertinentes pour nos estimations de la Productivité Totale des Facteurs, il n'existe pas de séries sur le stock de capital physique directement disponibles et prêtes à l'emploi. Pour remédier à cette situation, nous avons utilisé les données disponibles sur l'investissement public et privé, pour les provinces, le Canada et les États-Unis pour construire ce stock, en ayant recours à une méthode d'inventaire perpétuel :

$$K_t = (1 - \delta).K_{t-1} + I_t.$$

où le stock de capital  $K$  en t est égal au capital non déprécié de la période précédente (t-1) plus l'investissement en t, puisque  $\delta$  représente le taux de dépréciation du capital physique fixé conventionnellement à 6%.

Pour le stock de capital initial en 1989 ; nous utiliserons :

$$K_{1989} = \frac{I_{1990}}{(g+0.06)}.$$

avec :

$I_{1990}$  : l'investissement en 1990 ;

$g$  : le taux de croissance de l'économie en 1989 et 0.06 le taux de dépréciation du capital physique.

- **La Productivité Totale des Facteurs** : est calculée par la multiplication du capital efficient par sa part, et en soustrayant le tout de l'output par tête. Le capital par tête et l'output par tête s'obtiennent en divisant ces premiers par la population active, tel que :

$$PTF = \frac{Y}{L} - \left(\alpha * \frac{K}{L}\right)$$

Ce procédé sera utilisé pour le calcul de la PTF des provinces canadiennes, du Canada

et des États-Unis.

- **La frontière technologique** : nous utiliserons pour frontière technologique la Productivité Totale des Facteurs des États-Unis, puisque ces derniers sont considérés mondialement à la frontière technologique. La PTF pour les États-Unis sera calculée comme cité-ci haut. D'autre part, la comparaison des PTF est tout à fait raisonnable puisque toutes les variables économique sont calculées par tête.
- **La proximité ou la distance à la frontière technologique** : permet d'établir une échelle de l'avancement technologique par rapport à la frontière technologique, et se calcule par la différence première du log de la PTF de chaque province et le log de la PTF des États-Unis.

$$a_t = \log(PTF_{t-1}) - \log(\overline{PTF}_{t-1})$$

avec :

$a_t$  : la distance à frontière en t .

$PTF_{t-1}$  : la productivité totale des facteurs en t-1 .

$\overline{PTF}_{t-1}$  : la productivité totale des facteurs à la frontière technologique en t-1.

### 3.1.3 Les variables sociales :

Cette partie traite les données non économiques concernant la population telles que le niveau d'éducation de la population active.

- **La population** : Les données sur la population sont obtenues à partir du Cansim : Estimations de la population, Canada, provinces et territoires (1989-2012).
- **Les fractions de population active** : Nous avons prélevé à partir de l'Enquête sur la Population Active (EPA) disponible sur le Cansim, des séries sur l'évolution de la population active par niveau d'instruction finalisé : primaire, secondaire, postsecondaire, universitaire et cycles supérieurs (attainment level), pour le Canada et pour les provinces, par sexe et par groupe d'âge.

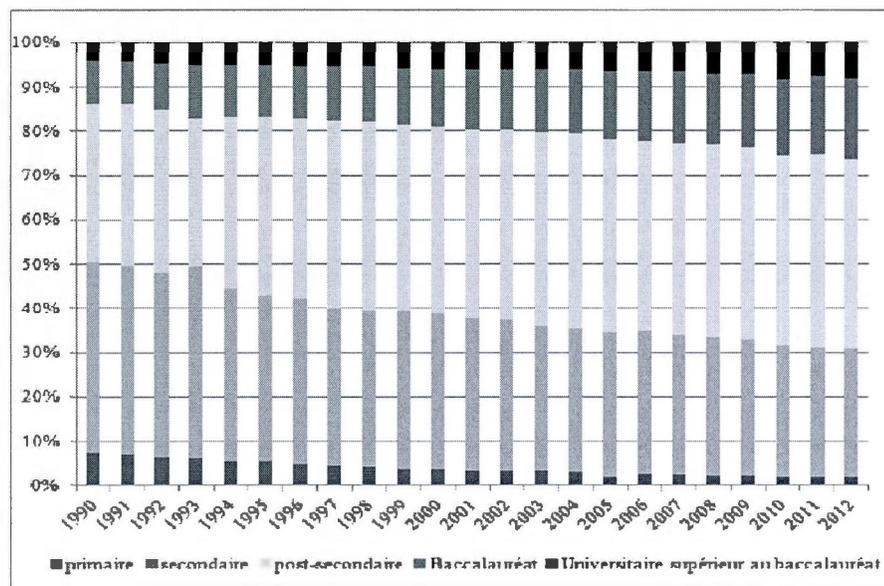
Les cinq niveaux d'éducation serviront à définir deux catégories de capital humain : le capital humain non qualifié regroupe le niveau primaire et secondaire, alors que le capital humain qualifié englobera le reste, à savoir, les niveaux : postsecondaire, universitaire et cycles supérieurs .

**Tableau 3.1** Statistiques descriptives

Variables	symbole	Moyenne	Écart-type	Min.	Max.
Taux de croissance de la PTF	<i>g-ptf</i>	0.006	0.036	-0.028	0.427
Distance à la frontière	Proximité	-0.570	0.010	-0.597	-0.542
Fraction du capital humain	Fraction	0.506	0.067	0.351	0.639
Interaction entre la distance et la fraction du capital humain	Prox.*Frac.	-2.068	0.297	-2.705	-1.407

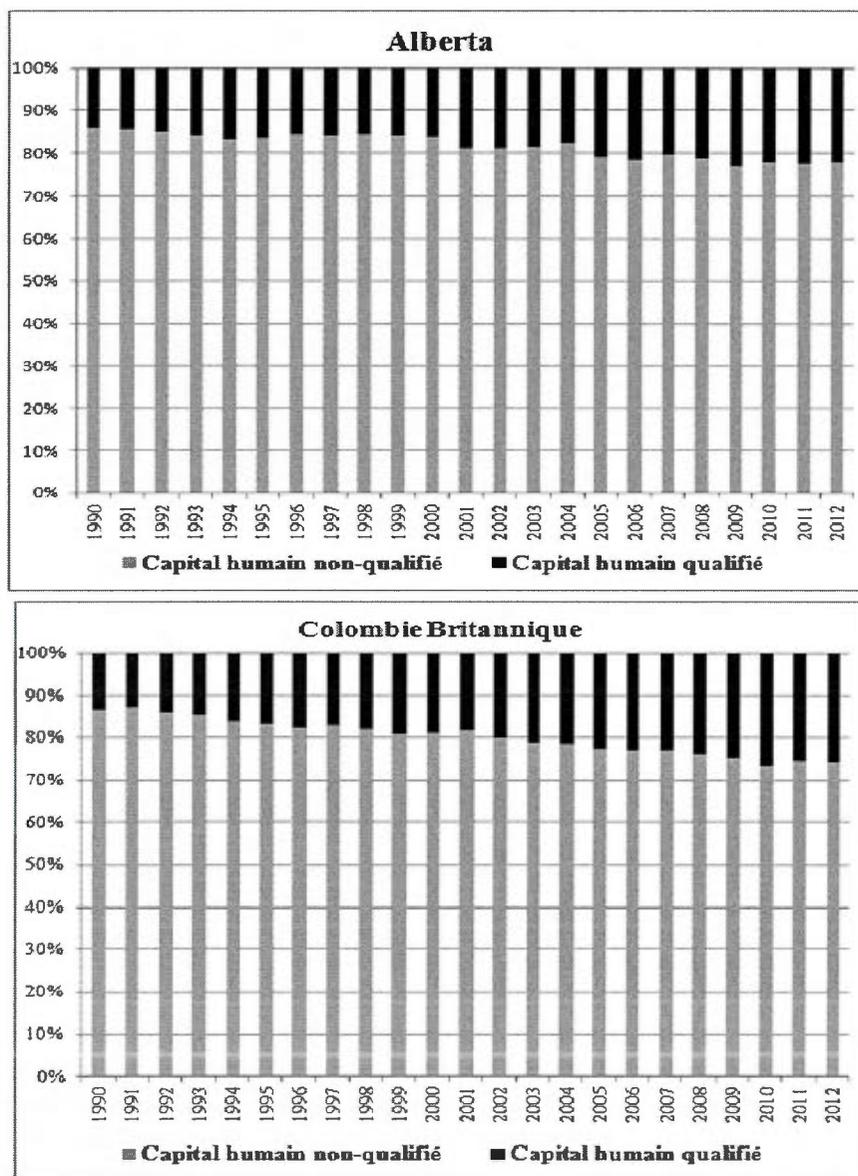
### 3.2 Aperçu de la composition du capital humain canadien

Il est évident que l'évolution historique de l'économie canadienne et surtout l'évolution sociale dans les provinces a servi de catalyseur pour le capital humain, comme on peut observer dans la figure qui suivra.

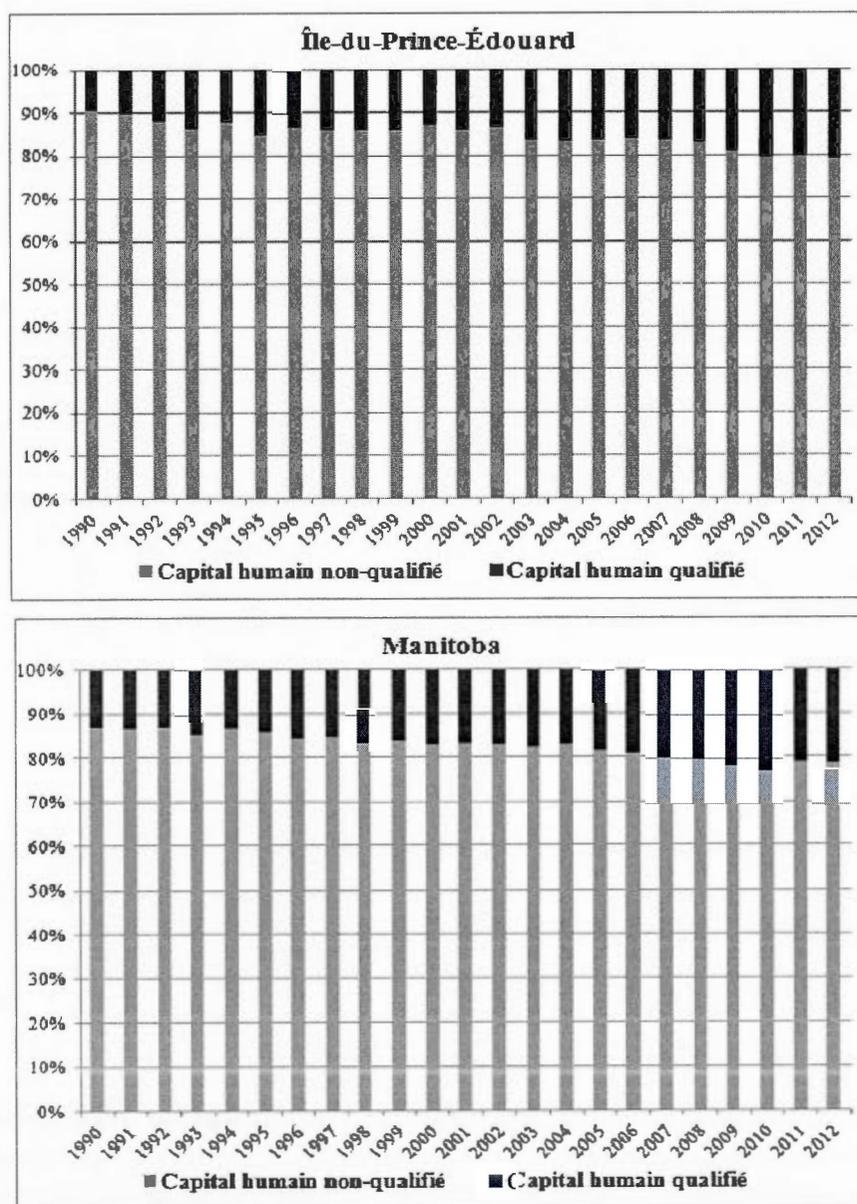


**Figure 3.1** Évolution du capital humain composant la population active canadienne, par niveau d'instruction atteint (complété ou pas), 1990-2012

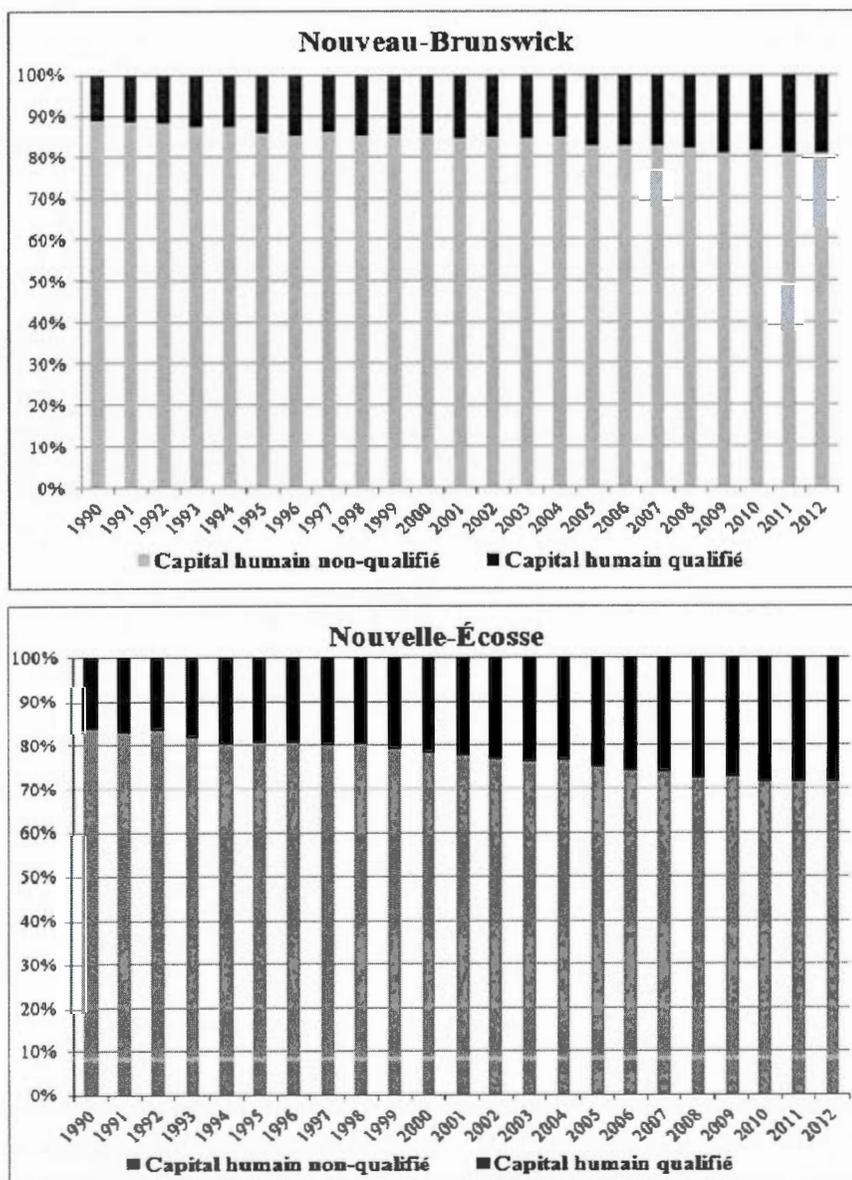
Sur le graphique précédent, on voit l'augmentation continue de la proportion du capital humain de niveau tertiaire. Son pourcentage a pratiquement doublé en vingt ans de temps, passant de 14 % à 26 % ; de même que celui des travailleurs avec niveau baccalauréat et avec un diplôme universitaire supérieur au baccalauréat qui ont eux aussi doublé passant respectueusement de 9.5 % à 18 % et de 4.2 % à 8.2 %. Par ailleurs, on constate un recul du pourcentage des travailleurs avec niveau primaire de 25% passant de 7.5 % à 1.9 % alors que les travailleurs avec niveau secondaire et post-secondaire enregistrent les reculs les plus impressionnants de 67 % et 83 % passant de 43% à 29 % et de 36 % à 43 %.



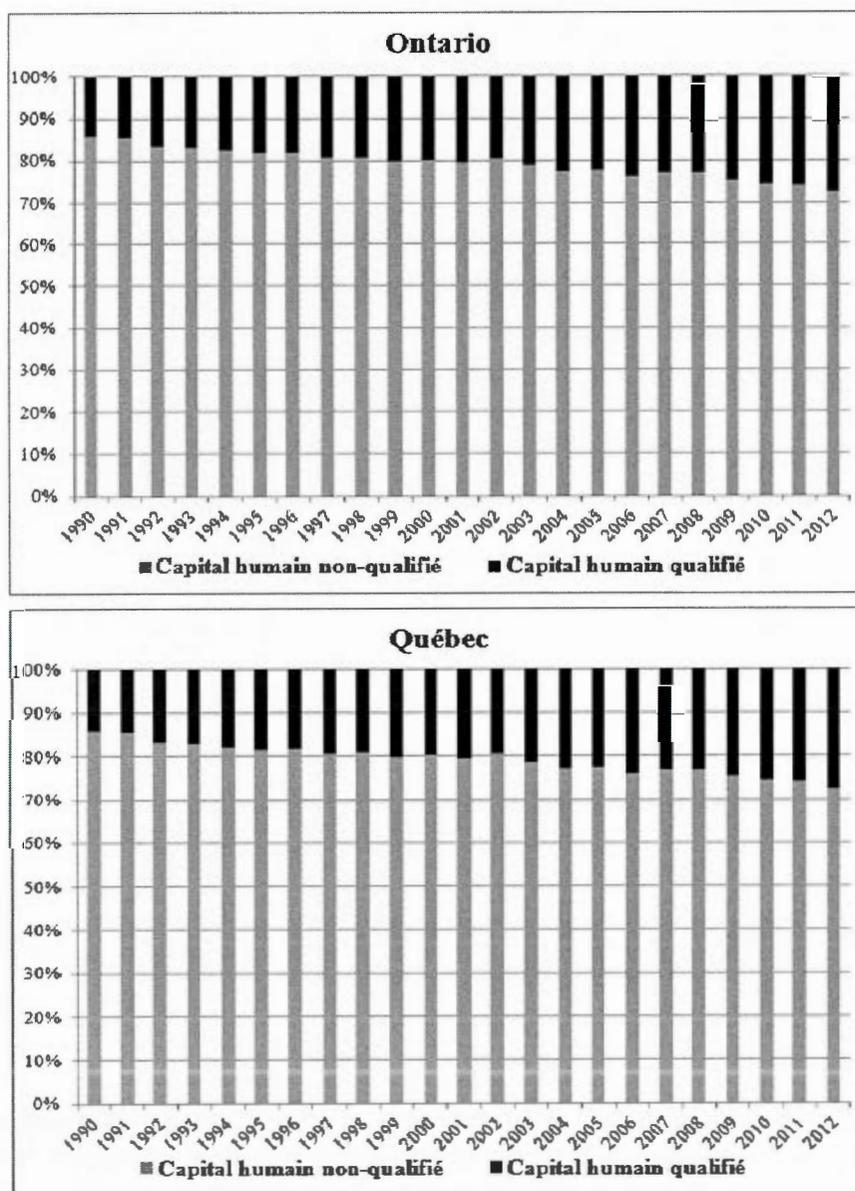
**Figure 3.2** Évolution du capital humain composant la population active des provinces canadiennes, l'Alberta et la Colombie Britannique, 1990-2010



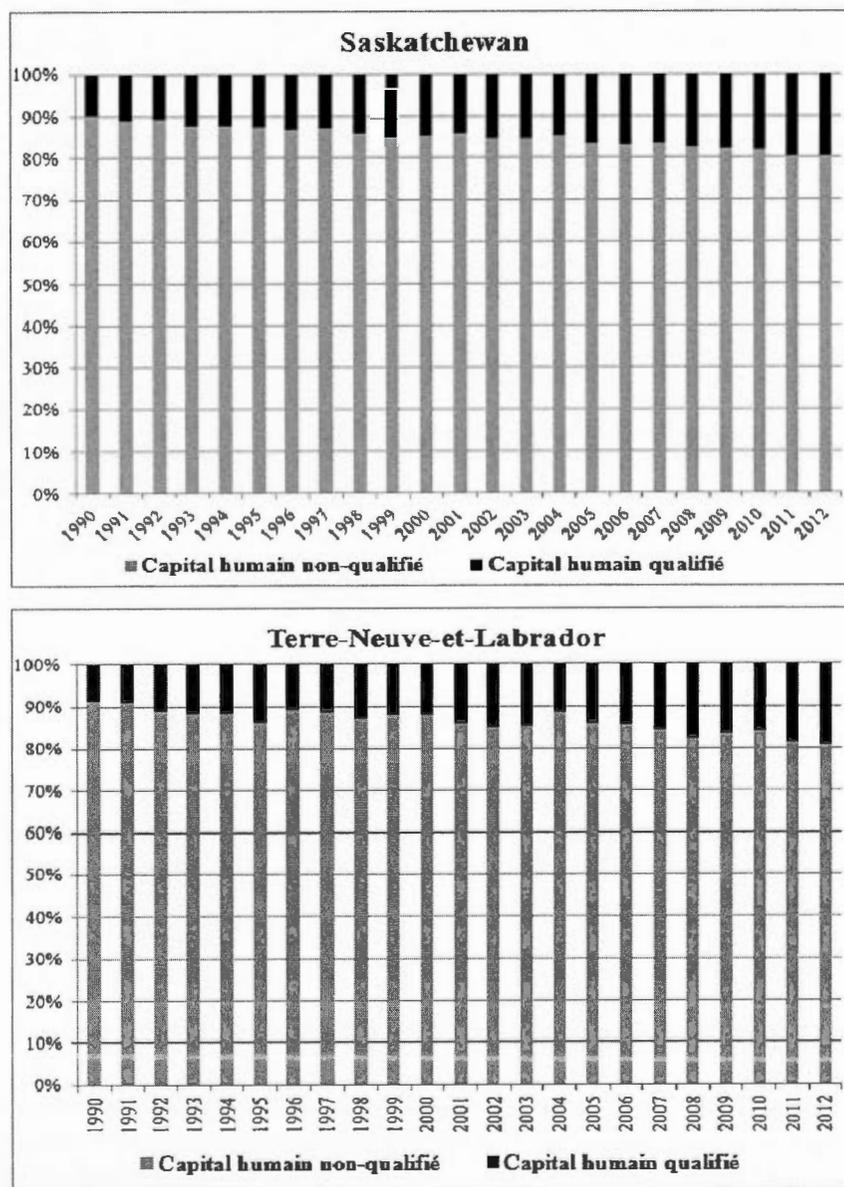
**Figure 3.3** Évolution du capital humain composant la population active des provinces canadiennes, l'Île-du-Prince-Édouard et le Manitoba, 1990-2010



**Figure 3.4** Évolution du capital humain composant la population active des provinces canadiennes, le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, 1990-2010

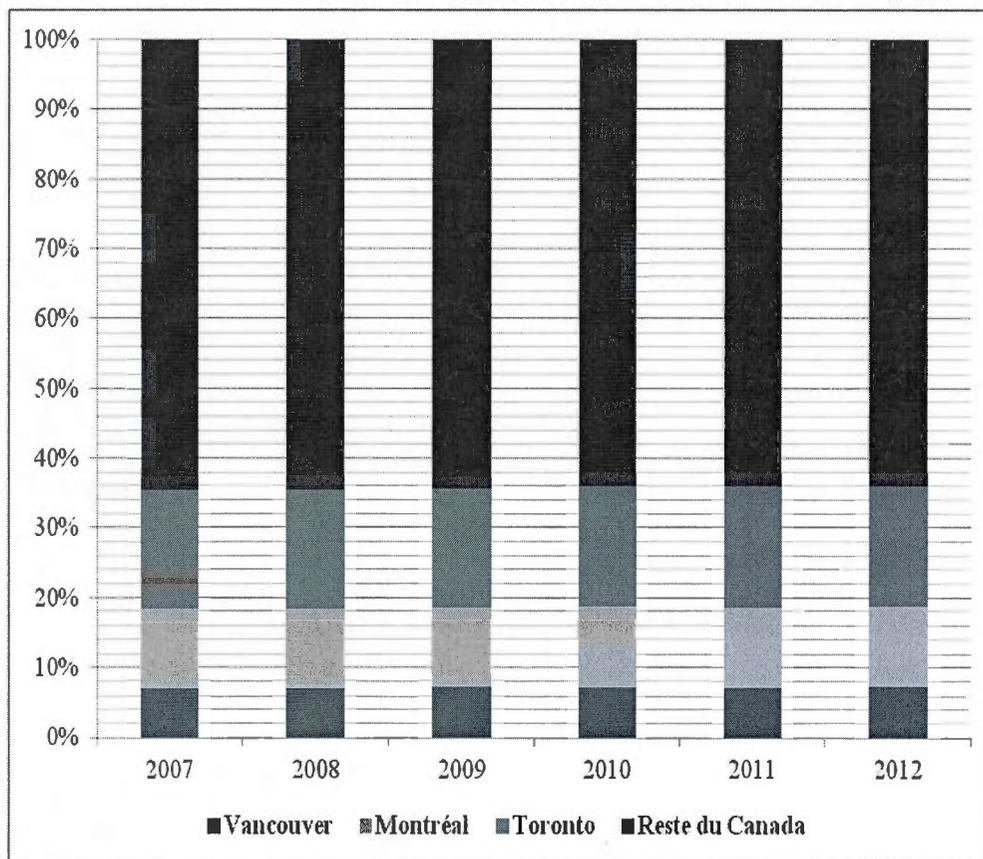


**Figure 3.5** Évolution du capital humain composant la population active des provinces canadiennes, l'Ontario et le Québec, 1990-2010



**Figure 3.6** Évolution du capital humain composant la population active des provinces canadiennes, le Saskatchewan et Terre-Neuve-et-Labrador, 1990-2010

Nous nous sommes intéressés à la répartition du capital humain à travers les villes importantes au Canada. Nous avons produit la figure suivante :



**Figure 3.7** Répartition de la population active dans les trois villes principales et dans le reste du Canada, 2006 - 2012

Le graphique démontre que l'on retrouve plus du tiers du capital humain disponible au Canada -tous types confondus- autour des métropoles économiques, à savoir : Toronto, Montréal et Vancouver.

Précisément et selon les estimations de Statistique Canada<sup>1</sup>, la population du Canada à

1. Les statistiques utilisées dans ce paragraphe sont toutes issues des tableaux du Cansim, soit extraites directement ou par croisements des tableaux suivants : tableau 282-0054, tableau 282-0003, le tableau 1 : Caractéristiques de la population active, selon l'âge et le sexe – Données désaisonnalisées, tableau (051-00051,2,3,6)

la fin 2012 était de 35 002 447 personnes. La population active représentait un peu plus de 54 % soit 19 001 100 de personnes. Sur les 54%, les travailleurs qualifiés comptaient pour 17 371 200 soit 77 % de la population active. Nous avons pu estimer que les trois villes susmentionnées concentrent 13 437 800 de ces travailleurs qualifiés. Autrement dit, un peu plus des 3/4 de la main d'oeuvre qualifiée disponible au Canada se regroupe autour des trois métropoles, englobant ainsi 80 % des diplômés de niveau universitaire ou universitaire supérieur . Cette statistique peut laisser perplexe si l'on considère la superficie et le niveau d'avancement économique et technologique au Canada.

### 3.3 Les résultats empiriques

Nous utiliserons l'équation ci-dessous pour évaluer l'effet du capital humain destiné à l'innovation (comportant les travailleurs avec un diplôme de niveau universitaire et universitaire supérieur) sur la croissance de la PTF :

$$g_{i,t} = \alpha_{0,t} + \alpha_{1,t}a_{i,t-1} + \alpha_{2,t-1}f_{i,t-1} + \alpha_{3,t}a_{i,t-1} * f_{i,t-1} + \nu_j + \varepsilon_{i,t-1} \text{ avec :}$$

$g_{i,t}$  : est le taux de croissance de la productivité.

$a_{i,t-1}$  : représente la distance à la frontière technologique soit le log de  $A_{j,t-1}/\overline{A_{t-1}}$ .

$f_{i,t-1}$  : représente la fraction de la population avec un niveau d'éducation d'intérêt en t-1

$\nu_i$  : composante individuelle ou effet province.  $\varepsilon_{j,t-1}$  : le résidu.

*les résultats attendus si le Canada est un pays proche de la frontière technologique* sont : un coefficient négatif associé à la variable proximité soit la distance à la frontière technologique, et des coefficients positifs associés respectivement à la fraction de capital humain destiné à l'innovation, ainsi qu'à l'interaction de la fraction de capital humain et de la distance à la frontière technologique

#### 3.3.1 Application

Nous avons procédé à la régression du taux de croissance de la PTF sur : la distance à la frontière technologique, la fraction de capital humain destinée à l'innovation ; puis sur la distance à la frontière technologique, la fraction de capital humain destinée à l'innovation et l'interaction de ces deux premières, les résultats sont reportés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 3.2** L'effet du capital humain destiné à l'innovation sur le taux de croissance de la PTF avant correction, Canada (1990 - 2012)

Variable dépendante	[1]	[2]
<u>g_ptf</u>		
Proximité	-0.423 (0.218)*	1.569 (0.034)***
Fraction	0.653 (0.022)***	-2.773 (0.380)***
Prox.* Frac.	- -	-0.601 (0.080)***
Nbre d'observations	910	910
Nbre de groupes	10	10

Régression en MC avec effets fixes sur données de panel, en présence de la constante même si elle n'est pas rapportée.

Les écarts type sont donnés entre parenthèses.

Une, deux et trois étoiles accompagnant les parenthèses indiquent le seuil de significativité à 10 %, 5 % et 1 % respectivement.

*Pour l'équation [1] :* On s'attend à avoir des coefficients négatifs pour les deux variables. Bien que significatifs, les coefficients issus de la régression ne sont pas tous les deux négatifs. Le coefficient de la variable Proximité qui représente la distance à la frontière est négatif, alors que le deuxième coefficient en rapport avec la fraction de capital humain est positif.

*Pour l'équation [2] :* L'ajout de la variable d'interaction améliore grandement le niveau de significativité des estimés. Mais les signes de ces derniers sont complètement à l'opposé de nos attentes ; c'est-à-dire, positif pour la distance, et négatifs pour la fraction de capital humain et de l'interaction de la fraction de capital humain et de la distance à la frontière.

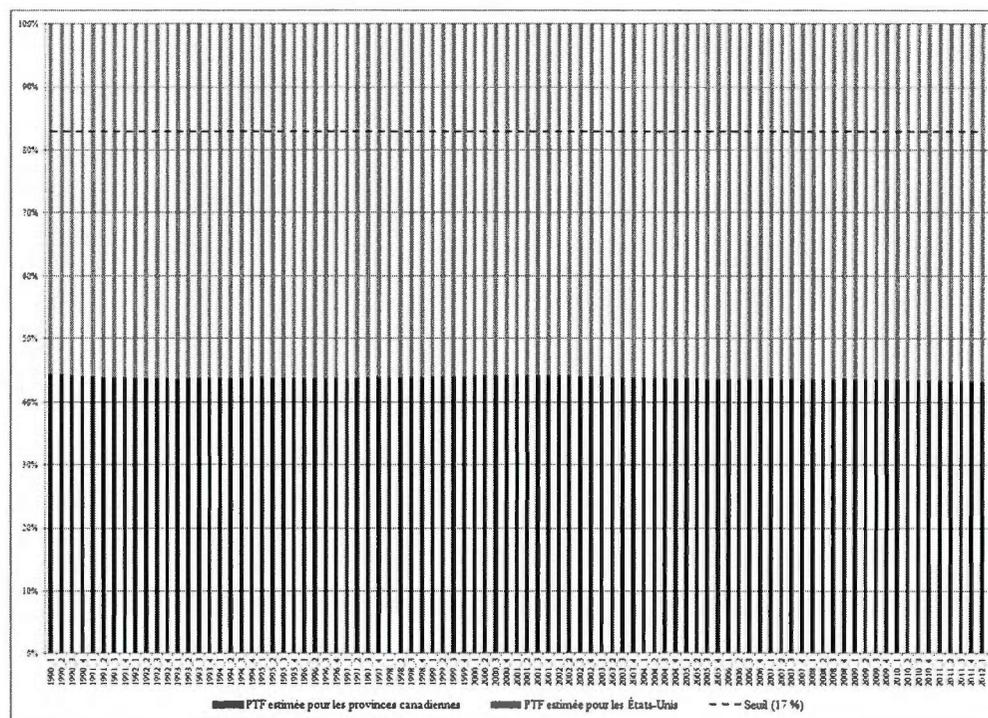
*Interprétation :* l'explication issue du raisonnement des auteurs dans l'article original

est la suivante : si un pays est proche de la frontière technologique, on s'attendre à avoir des coefficients significativement différents de zéro pour les trois variables utilisées, les signes attendus pour les estimés correspondants à la distance à frontière, à la fraction de capital humain et à l'interaction de ces deux variables seraient respectivement négatif, positif et positif.

Autrement dit plus un pays est proche de la frontière technologique plus l'effet de la distance à la frontière sera négatif et important sur le taux de croissance de la PTF et l'effet de la fraction de capital humain destiné à l'innovation petit. Alors que dès que l'on prend en compte l'effet de l'interaction existant en introduisant la variable d'interaction, on observe une diminution de l'impact négatif de la distance à la frontière et une augmentation significatif de celui du capital humain sur le taux de croissance de la PTF, ce qui renforce d'autre part l'effet positif de la variable d'interaction déjà positif sur la variable dépendante.

Les résultats reportés ci-haut contrarient clairement nos attentes puisque les signes des estimés sont respectivement positif, négatif et négatif. Est ce que cela signifie que le Canada est un pays se situant économiquement parlant loin de la frontière technologique!. Notre recherche d'une explication logique pour les résultats obtenus à pu aboutir grâce à la relecture de l'article original, mais plus précisément en nous intéressant à l'observation des PTF elles-mêmes. Dans l'article de VENDENBUSSCHE ET al. nous pouvons lire à la page 114 : [... However, these results although consistent with our original hypothesis have the unappealing implication that for countries with a tpf level more than 17 % below that of the US, the impact of higher education is negative on growth... ]. Ce qui signifie que des résultats bien que conforme aux hypothèses de départ, ces derniers ne correspondront pas en signes attendus si le niveau de la PTF est inférieur de 17 % à celui des États-Unis.

Nous avons aussi procédé à un test de proportions pour vérifier si la PTF des provinces canadiennes représente statistiquement et significativement au moins 83 % de la PTF des États-Unis. La p-value à 0.0000 nous permet de rejeter l'hypothèse  $H_0$ , donc la PTF des provinces canadiennes est strictement inférieur à 17 % par rapport à la PTF



**Figure 3.8** Évolution de la PTF des provinces canadiennes par rapport à la PTF des États-Unis, 1990-2012

des États-Unis.

À présent, nous souhaitons mettre les résultats obtenus plus haut à l'épreuve des diagnostics pour les problèmes inhérents aux données de panel, notamment la stationnarité et la présence de racine unitaire, l'hétéroscédasticité et l'autocorrélation.

### 3.3.2 La stationnarité et la racine unitaire

Nous nous soucions de la stationnarité des données et surtout de la présence de problème de racine unitaire pour le taux de croissance de la PTF.

Une racine unitaire est une caractéristique des processus qui évoluent dans le temps, pouvant causer des problèmes dans l'inférence statistique impliquant des modèles à dimension chronologique. Un processus stochastique linéaire a une racine unitaire si 1 est une racine de l'équation caractéristique du processus. Un tel processus est dit non-stationnaire. c'est pourquoi nous voyons la nécessité de vérifier la stationnarité des données et l'absence de racine unitaire.

Nous avons opter pour le test de Lm, Pesaran et Shin que nous avons exécutés en présence et en absence de tendance. Et les résultats sont rapportés ci-après, ce qui nous permet de rejeter  $H_0$  donc les séries sont stationnaires.

**Tableau 3.3** Test de racine unitaire de Lm, Pesaran et Shin avec tendance

<i>Im - Pesaran - Shin unit - root test for g-ptf</i>				
Ho : All panels contain unit roots		Number of panels = 10		
Ha : Some panels are stationary		Number of periods = 91		
AR parameter : Panel-specific		Asymptotics : T,N $\rightarrow$ Infinity		
Panel means : Included		sequentially		
Time trend : Included				
ADF regressions : No lags included				
Statistic	p-value	Fixed-N exact critical values		
		1%	5%	10%
t-bar	-3.1475	-2.750	-2.580	-2.490
t-tilde-bar	-2.9931			
Z-t-tilde-bar	-5.7370	0.0000		

**Tableau 3.4** Test de racine unitaire de Lm, Pesaran et Shin sans tendance

<i>Im - Pesaran - Shinunit - root test for g-ptf</i>				
Ho : All panels contain unit roots		Number of panels = 10		
Ha : Some panels are stationary		Number of periods = 91		
AR parameter : Panel-specific		Asymptotics : T,N $\rightarrow$ Infinity		
Panel means : Included		sequentially		
Time trend : Not Included				
ADF regressions : No lags included				
Statistic	p-value	Fixed-N exact critical values		
		1%	5%	10%
t-bar	-3.0491	-2.150	-1.970	-1.880
t-tilde-bar	-2.8867			
Z-t-tilde-bar	-5.3285	0.0000		

### 3.3.3 L'hétéroscédasticité

Nous souhaitons vérifier si les résultats sont robustes. En contrôlant pour

**Tableau 3.5** L'effet du capital humain destiné à l'innovation sur le taux de croissance de la PTF, contrôle pour l'hétéroscédasticité (*command robust*), Canada, (1990 - 2012)

Variable dépendante g_ptf	[1]	[2]
Proximité	-0.141 (0.129)	1.160 (1.165)
Fraction	0.054 (0.053)	-1.463 (1.359)
Prox.* Frac.	- -	-0.323 (0.299)
Nbre d'observations	910	910
Nbre de groupes	10	10

Regression des données de panel en MCO avec effets fixes, en présence de la constante même si elle n'est pas rapportée.

Les écarts type sont donnés entre parenthèses.

Une, deux et trois étoiles accompagnant les parenthèses indiquent le seuil de significativité à 10 %, 5 % et 1 % respectivement.

l'hétéroscédasticité en utilisant l'option *robust*, nous observons un changement flagrant pour la significativité des estimés puisque plus aucun estimés n'est statistiquement différent de zéro alors qu'ils l'étaient tous dans les premières regressions.

La commande *robust* permet d'estimer les écarts-type en utilisant les estimateurs de type sandwich de Huber-White. Cette méthode est une issue fiable par rapport aux préoccupations mineures concernant le non-respect des hypothèses, telles que des problèmes mineurs de normalité, d'hétéroscédasticité, ou d'outliers ainsi que l'effet de levier ou d'influence. De fait, on obtient des écarts-type corrigées efficacement de ce qui précède.

Avec l'option *robust*, les estimations ponctuelles des coefficients sont exactement les mêmes que dans MCO ordinaires, mais les écarts type prennent en compte les ques-

tions relatives à l'hétérogénéité et l'absence de normalité. Dans notre cas, la question de normalité est partiellement réglée vu le nombre important d'observations (890 obs.). C'est pourquoi nous procédons à présent à un autre test pour évaluer l'ampleur du phénomène d'hétéroscastcité qui pourrait être dû au phénomène d'endogénéité non traitée du modèle. Autrement dit, si l'utilisation de la commande robust suffit ou pas.

Nous optons pour la méthode de White utilisée dans la littérature comme suit :

1. On procède à la régression de la variable dépendante sur les variables indépendante,

$$g_{i,t} = \alpha_{0,t} + \alpha_{1,t}a_{i,t-1} + \alpha_{2,t-1}f_{i,t-1} + \alpha_{3,t}a_{i,t-1} * f_{i,t-1} + \nu_i + \varepsilon_{i,t-1}$$

2. On calcule les résidus  $e_{i,t}$  et le carrés des résidus  $e_{i,t}^2$ ,
3. On regresse les carrés des résidus sur les variables independantes et leurs carrés,
 
$$e_{i,t}^2 = \alpha_{0,t} + \alpha_{1,t}a_{i,t-1} + \alpha_{2,t}a_{i,t-1}^2 + \alpha_{3,t-1}f_{i,t-1} + \alpha_{4,t-1}f_{i,t-1}^2 + \alpha_{5,t}a_{i,t-1} * f_{i,t-1} + \alpha_{6,t}(a_{i,t-1} * f_{i,t-1})^2 + \nu_i + \varepsilon_{i,t-1}.$$
4. Nous devons d'abord observer la significativité des coefficients correspondant à chaque variable .
5. Sous l'hypothèse H0 d'homoscédasticité, nous procéderons au calcul de du test  $LM = n * R^2$ , que l'on compare à  $\chi^2(6)$ . H0 est rejetée au seuil de 5%, si la statistique calculée est supérieur au  $\chi^2(6)$ .

**Tableau 3.6** La régression des carrés des résidus sur les variables indépendantes et leur carrés

Variable dépendante	carré des résidus
Proximité	4.101 (4.706)
<i>Proximité</i> <sup>2</sup>	8.867 (3.363)
Fraction	-1.454 (0.515)***
<i>Fraction</i> <sup>2</sup>	3.285 (4.136)***
Prox.*frac	-0.262 (0.113)***
<i>(Prox. * frac)</i> <sup>2</sup>	-0.051 (0.026)**
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.0454
Nombre d.obs	910
Nombre de groupe	10

Regression des données de panel en MCO avec effets fixes.

Les écarts type sont donnés entre parenthèses.

Une, deux et trois étoiles accompagnant les parenthèses indiquent le seuil de significativité à 10 %, 5 % et 1 % respectivement.

Les résultats rapportés démontrent que les variables suivantes sont toutes significatives, donc à la source du problème d'hétéroscédasticité à savoir : la fraction de capital humain et son carré ainsi que l'interaction et son carré. De plus, la statistique LM calculée soit  $LM = n * R^2 = 910 * 0.0454 = 41.31$  qui est supérieur au  $\chi^2(6) = 12.59$  nous permet de rejeter  $H_0$ , donc le problème d'hétéroscédasticité est effectif.

Nous procédons, à présent, à une regression utilisant la méthode des Écarts-type de Panels Corrigés (*en anglais : Panel Corrected Standard Error (PCSE)*), les résultats sont rapportés plus bas :

**Tableau 3.7** La régression des carrées des résidus sur les variables indépendantes et leur carrés

Variable dépendante	Taux de croissance de la PTF	
	méthode <i>robust</i>	méthode <i>PCSE</i>
Proximité	1.160 (1.165)	0.853 (0.186)***
Fraction	-1.463 (1.359)	-0.607 (0.296)**
Prox.*frac	-0.323 (0.299)	-0.140 (0.065)**
Number of obs	910	910
Number of groups	10	10

Regression des données de panel en MCO avec effets fixes, en présence de la constante même si elle n'est pas rapportée.

Les écarts type sont donnés entre parenthèses.

Une, deux et trois étoiles accompagnant les parenthèses indiquent le seuil de significativité à 10 %, 5 % et 1 % respectivement.

Nous remarquons que les coefficients redeviennent significative. Ils ont tous grandi en valeur absolue, alors que tous les écarts-type se sont réduits. Par conséquent, la significativité s'est améliorée.

L'augmentation en valeur absolue des coefficients signifie aussi des effets positifs plus importants de la fraction de capital humain et l'interaction fraction et distance à la frontière ; et un effet négatif plus petit de la distance à la frontière, ce qui est conforme aux intuitions théoriques. Globalement, les résultats sont améliorés.

### 3.3.4 L'autocorrélation

Nous avons calculé les résidus issus de la régression de l'équation [2], après contrôle pour l'hétéroscédasticité par la méthode des Écarts-type de Panels Corrigés (PCSE). Nous avons effectué un test d'autocorrélation des résidus pour données de panel, nous avons opter pour le test de Wooldridge, les résultats sont rapportées ci-dessous : Le

**Tableau 3.8** Test de Wooldridge pour l'autocorrélation des résidus

Wooldridge test for autocorrelation in panel data  
 $H_0$  : no first-order autocorrelation  
 $F(1, 9) = 1712.435$   
 $Prob > F = 0.0000$

résultat ci-haut, nous fait rejeté l'hypothèse  $H_0$ , donc il existe y a un problème d'autocorrélation.

Pour la correction, nous avons choisit de diagnostiquer l'ampleur de l'autocorrélation avec la méthode Breusch-Godfrey, dont les étapes sont :

1. On procède à la régression de la variable dépendante sur les variables indépendante,
 
$$g_{i,t} = \alpha_{0,t} + \alpha_{1,t}a_{i,t-1} + \alpha_{2,t-1}f_{i,t-1} + \alpha_{3,t}a_{i,t-1} * f_{i,t-1} + \nu_i + \varepsilon_{i,t-1}$$
2. On calcule les résidus  $e_{i,t}$ ,
3. On regresse les résidus sur les résidus retardés,  $e_{i,t} = \alpha_{0,t} + \alpha_{1,t}e_{i,t-1} + \alpha_{2,t}e_{i,t-2} + \alpha_{3,t}e_{i,t-3} + \alpha_{4,t}e_{i,t-4} + \alpha_{5,t}e_{i,t-5} + \kappa_{i,t}$ . Nous n'ajouterons pas les variables indépendantes car nous n'avons pas traiter l'aspect endogène de la question donc ces dernières sont considérées comme exogènes.
4. Nous devons d'abord observer la significativité des coefficients correspondant à chaque variable .
5. Sous l'hypothèse  $H_0$  de l'absence d'autocorrélation, nous procéderons au calcul de du test  $LM = n * R^2$ , que l'on compare à  $\chi^2(5)$ .  $H_0$  est rejeté au seuil de 5%, si la statistique calculée est supérieur au  $\chi^2(5)$ .

Tableau 3.9 Régression des résidus sur les résidus retardés

Variable dependante	les residus
$lag(-1)$	0.663 (0.033)***
$lag(-2)$	-0.016 (0.040)
$lag(-3)$	0.020 (0.040)
$lag(-4)$	-0.057 (0.040)
$lag(-5)$	0.043 (0.040)
$lag(-6)$	0.015 (0.029)
Intercept	-0.001 (0.000)
$R^2$	0.647
Nombre d.obs	850
Nombre de groupe	10

Regression des données de panel en MCO avec effets fixes.

Les écarts type sont donnés entre parenthèses.

Une, deux et trois étoiles accompagnant les parenthèses indiquent le seuil de significativité à 10 %, 5 % et 1 % respectivement.

Cette régression laisse voir que l'autocorrélation des résidus est de type AR(1), puisque le coefficient du premier retard des résidus est significativement différent de zéro. D'autre part,  $LM = n * R^2 = 850 * 0.647 = 549.95$  comparé au  $\chi^2(5) = 11.07$ , nous fait rejeter l'hypothèse nulle donc il y a effectivement un problème d'autocorrélation.

Nous utiliserons l'estimation du  $\rho$  issu de la regression qui précède soit  $\rho = 0.663$ . Ainsi, nous pouvons maintenant opter pour la méthode Cochrane-Orcut pour réestimer le modèle selon l'équation suivante :

$$g_{i,t} - (\rho * g_{i,t-1}) = \alpha_{0,t} + \alpha_{1,t} a_{i,t-1} - (\rho * a_{i,t-2}) + \alpha_{2,t-1} f_{i,t-1} - (\rho * f_{i,t-2}) + \alpha_{3,t} a_{i,t-1} * f_{i,t-1} - \rho(a_{i,t-2} * f_{i,t-2}) + \nu_i + \varepsilon_{i,t-1}$$

La régression en question et le test d'autocorrélation s'y rapportant sont les suivants :

**Tableau 3.10** Régression du taux de croissance de la PTF sur les variables indépendantes suite à une correction Cochrane-Orcutt

Variable dépendante	$g\_PTF - (\rho * g\_PTF_{-1})$
$Proximite - (\rho * Proximite(-1))$	0.657 (0.396)*
$Fraction - (\rho * fraction(-1))$	-2.031 (0.399)***
$(Prox. * Frac.) - (\rho * (Prox. * Frac.(-1)))$	-0.457 (0.086)***
Nombre d.obs	910
Nombre de groupe	10

Regression des données de panel en MCO avec effets fixes.

Les écarts type sont donnés entre parenthèses.

Une, deux et trois étoiles accompagnant les parenthèses indiquent le seuil de significativité à 10 %, 5 % et 1 % respectivement.

Le test d'autocorrélation des résidus de Wooldrige se rapportant à l'estimation ci-haut est :

**Tableau 3.11** Test de Wooldrige pour l'autocorrélation des résidus

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0 : no first-order autocorrelation

$F(1, 9) = 0.201$  Prob > F = 0.665

La p-value est supérieure à 5%, nous acceptons H0. C'est à dire, les résidus ne sont pas corrélés, de plus nous n'avons plus de problème d'hétéroscédasticité. Nos résultats sont propres et fiables. Nous remarquons cependant un changement important pour les valeurs des coefficients. Mais pas de leur signe ou de leur niveau de signifactivité (aucun n'a changer de signe, ni n'est devenu significativement nul).

**Tableau 3.12** Régression du taux de croissance de la PTF sur les variables indépendantes suite à une correction Cochrane-Orcutt

Variable dépendante g_ptf	Après correction pour l'hétéroscédasticité	Après correction pour l'hétéroscédasticité et pour l'autocorrélation
Proximité	0.853 (0.186)***	0.657 (0.396)*
Fraction	-0.607 (0.296)**	-2.031 (0.399)***
Prox.*Frac.	-0.140 (0.065)**	-0.457 (0.086)***
Nombre d.obs	910	910
Nombre de groupe	10	10

Régression des données de panel en MCO avec effets fixes.

Les écarts type sont donnés entre parenthèses.

Une, deux et trois étoiles accompagnant les parenthèses indiquent le seuil de significativité à 10 %, 5 % et 1 % respectivement.

Le tableau qui précède nous permet de constater que les coefficients ont changé de façon marquée. Que les estimés de la fraction de capital humain et de l'interaction ont grandi alors que celui de la distance à la frontière a légèrement diminué. Les signes des coefficients n'ont pas changé à savoir positif pour la distance à la frontière, et négatifs pour la fraction de capital humain et l'interaction, alors qu'on aurait dû avoir l'inverse comme prévu dans l'article d'origine. Comme expliqué dès le début de nos régressions nous attribuons ce changement de signes attendus au fait que le niveau de la PTF dans les provinces canadiennes est inférieur significativement à celui de la PTF des états unis de plus de 17 %, donc le changement de signes n'infirme pas nos attentes.

Les écarts-type sont un peu plus grands qu'après la correction pour juste l'hétéroscédasticité mais ils ne sont pas plus grands qu'avant. Aussi, la significativité s'est améliorée et aucun coefficient n'est devenu non-significatif.

L'augmentation en valeur absolue des coefficients signifie aussi des effets positifs plus importants de la fraction de capital humain et l'interaction fraction et distance à la frontière et un effet négatif plus petit de la distance à la frontière, ce qui est conforme aux intuitions théoriques. Globalement, les résultats sont améliorés.

### 3.4 Discussion

Nous avons procédé à la régression des équations [1] et [2], et nous nous sommes assuré de la robustesse des résultats ainsi que de leur exemption de problèmes d'hétéroscédasticité et d'autocorrélation. Ce qui nous permet de conclure que nos résultats sont fiables et interprétables. De plus, les résultats rapportés sont conformes aux attentes, et cela en gardant à l'esprit, que nous n'avons pas traité le modèle pour l'endogénéité. Ainsi les résultats que nous avons obtenu corroborent les intuitions développées dans l'article que nous avons choisi de répliquer.

La combinaison de la distance à la frontière technologique et du niveau de capital humain nous a permis de confirmer que le Canada est un pays proche de la frontière technologique mondiale . Et cela malgré l'inversement des signes attendus pour les estimés, or ces derniers restent cohérents et conformes aux attentes théoriques, une fois, les niveaux respectifs des deux PTF pris en compte. De ce qui précède, il apparaît plus profitable pour l'économie canadienne d'assurer un entretien et un enrichissement continu de son capital humain de niveau tertiaire. Il est connu que les activités d'innovation et d'adoption technologiques utilisent toutes deux, les deux types de capital humain : qualifié et non qualifié, mais plus l'économie est proche de la frontière technologique, plus elle a intérêt à favoriser l'activité d'innovation qui connaît une plus grande concentration en capital humain qualifié (ou de niveau tertiaire).

## CONCLUSION

Notre étude consistait à reproduire l'étude de Vandambussche et al. (2006) pour évaluer l'effet du capital humain canadien sur son économie. Nous avons eu l'occasion de constituer une base de données suffisante et de qualité, d'effectuer les régressions et les tests nécessaires pour nous assurer de la fiabilité de nos résultats et finalement rassembler des éléments pertinents pour l'analyse et la comparaison.

Les résultats obtenus nous paraissent concluants, car au vu des travaux économétriques ces premiers sont fiables en plus d'être conformes aux attentes théoriques, ce qui nous a permis : (1) de comparer et d'identifier les provinces à la frontière technologique pour chaque période sur l'intervalle de temps d'intérêt ; (2) de confirmer que l'économie canadienne est une économie proche de la frontière technologique ; et finalement (3) que son capital humain est un élément prépondérant et que sa composition est pertinente vu la distance de l'économie canadienne à la frontière technologique, notamment que le niveau de la PTF est inférieur à celui de la frontière technologique de plus de 17 %.

Ceci dit, nous avons pu constater que l'utilisation du capital humain, comme nous l'avons fait, était nécessaire mais non suffisante. Car comme nous l'avons observé au Canada, la moitié du capital humain qualifié se regroupe autour de trois métropoles. Ce qui peut laisser perplexe vu la superficie du pays et le niveau de son avancement économique et technologique.

Ainsi nous avons conclu que pour une meilleure compréhension du processus de la croissance économique à travers le capital humain : une comparaison avec d'autres pays devrait révéler si cet état est un cas particulier ou si au contraire cette concentration est un fait commun ; doublée d'une investigation comprenant l'effet de la migration seraient plus que pertinentes et très enrichissantes.

Néanmoins, les résultats concluants ont soulevé d'autres interrogations notamment sur les conditions qui qualifient les provinces à être des frontières technologiques. L'exemple type en est le Québec qui bien que possédant des facteurs en abondance, qui auraient pu lui permettre d'être frontière technologique, cette province ne l'a jamais été, et cela, bien qu'en plus, elle soit la deuxième province mieux dotée en capital humain. Nous pensons que l'étude de chaque province en particulier devrait apporter sa part d'explication, autrement dit qu'est-ce qui prédestine une province à être une frontière technologique ?

Le Canada est un pays qui accueille beaucoup d'immigrants sensés enrichir le stock de capital humain. L'observation des statistiques laisse constater que ces arrivants s'installent essentiellement autour des grandes métropoles. Nous pensons qu'il y aurait une part d'explication de ce qui se passe pour le processus de croissance économique à travers le capital humain, dans les réalités socio-économiques qui entourent l'intégration et l'avancement professionnels de cette catégorie de travailleurs.

## BIBLIOGRAPHIE

- Acemoglu, Daron, Phillipe Aghion et Fabrizio Zilibotti, 2002, « Distance to frontier, selection and economic growth » *NBER Working paper*, N. 9066, pg. 1-45.
- Aghion, Phillipe, Leah Boustan, Caroline Hoxby, Jérôme Vandenbussche, 2006, « Exploiting States' Mistakes to Identify the Causal Impact of Higher Education on Growth » *ISNIE, short version*, pg. 21-24
- Benhabib, Jess et Mark M. Spiegel, 1994, « The role of human capital in Economic development : Evidence from aggregate cross-country data » *Journal Of Monetary Economics*, N. 34, pg.143-147.
- Becker, Gary, Kevin M. Murphy et Robert Tamura, 1994, « Human Capital, Fertility, and Economic Growth » *NBER Working paper*, pg. 15-28.
- Canberra (de )Manuel, 1995, « mesure des activités scientifiques et technologiques : Manuel sur la mesure des ressources humaines consacrées à la science et à la technologie » *publications de l'OCDE*, Paris, pg.1-143.
- Castelló, Amparo et Rafael Doménech, 2000, « Human Capital Inequality and Economic Growth : Some New Evidence » *The Economic Journal*, Volume 112, pages C187-C200,
- Haveman, Robert H., Andrew Bershadker, Jonathan A. Schwabish, 2001, « The Level and Utilization of Human Capital in the United States :1975-2000 » *Upjohn institute for employment research*, Vol.10, N.2, avril 2003, pg. 1-4.
- Harbison, Frederick Harris et Charles Andrew Myers, 1964, « Education, manpower, and economic growth : strategies of human resource development » *McGraw-Hill*, 1964, 229 pages.
- Gerschenkron Alexander, 1962, « Economic Backwardness in Historical Perspective : A Book of Essays » *Belknap Press of Harvard University Press*,
- Greif Avner, 2006, « Institutions and the Path to the Modern Economy : Lessons from Medieval Trade » *Cambridge University Press*, pg. 1-31.
- Krueger, Alan et Mikael Lindahl, 2001, « Education for growth : Why and for whom » *Journal of Economic Literature*, Vol. 39, pg.1101-1136.
- Lucas, Robert E, 1988, « On the Mechanics of Economic Development, » *Journal of Monetary Economics*, N. 22, pg.3-42.

- Mankiw, Gregory, David Romer et David Weil, 1992, « A contribution to the empirics of economic growth, » *Quarterly journal of economics*, N. 107, pg.407-438.
- Mincer, Jacob, 1992, « Human capital and economic growth, » *NBER Working Paper*, N. 803, pg.1-30.
- Nelson, Richard et Edmund Phelps, 1966, « Investment in humans, technological diffusion and economic growth, » *American economics*, N. 56, pg.69-75.
- Schultz, William Theodore, 1960, « Capital Formation by Education » *Journal of Political Economy*, Vol. 68, No. 6, pg. 571-583.
- Schultz, William Theodore, 1961, « Investment in Capital Formation » *The American Economic Review*, Vol. 51, No. 1, pg. 1-17.
- Vendenbussche, Jérôme, Philippe Aghion, Costas Meghir, 2004, « Growth, Distance to Frontier and Composition of Human Capital » *Springer Science + business media*, original article, pg. 1-31.