

HEC Montréal

**Analyse des tendances dans le financement par capital de
risque des technologies propres**

par

Catherine LÉTOURNEAU

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de
Maîtrise ès Science de la gestion (M.Sc.)
Économie Financière Appliquée

Sous la direction de :

M. Decio Coviello – Professeur adjoint HEC Montréal

Et

M. Jacques Lemay – Professeur invité HEC Montréal

Avril, 2015

© Catherine LÉTOURNEAU, 2015

Table des matières

Liste des tableaux	3
Liste des figures	4
Remerciements	5
Résumé	6
Abstract	6
1. Introduction	8
2. Revue de littérature	15
<i>i. Littérature académique</i>	<i>15</i>
<i>ii. Littérature professionnelle</i>	<i>23</i>
3. Données	25
4. Méthodologie	34
<i>i. Modèles économétriques</i>	<i>34</i>
a. Levée de capital	<i>34</i>
b. Investissement du capital.....	<i>36</i>
<i>ii. Analyse descriptive</i>	<i>39</i>
a. Analyse de l'investissement	<i>39</i>
b. Comparaison aux technologies de l'information.....	<i>39</i>
<i>iii) Résultats attendus</i>	<i>39</i>
5. Résultats	42
<i>i. Modèles économétriques</i>	<i>42</i>
a. Levée de capital	<i>42</i>
b. Investissement du capital.....	<i>45</i>
<i>ii. Analyse descriptive</i>	<i>51</i>
a. Analyse de l'investissement	<i>51</i>
b. Comparaison aux technologies de l'information.....	<i>55</i>
6. Conclusion	57
<i>i. Rappel de la problématique</i>	<i>57</i>

ii. Synthèse des modèles et résultats..... 57
iii. Rappel des limites..... 58
iv. Recommandations..... 59
Bibliographie 67

Liste des tableaux

Tableau 1 : Définition des variables.....	25
Tableau 2: Statistiques descriptives pour les données de la portion levée de capital aux États-Unis (fonds levés).....	28
Tableau 3: Statistiques descriptives pour les données de la portion levée de capital au Canada (fonds levés).....	29
Tableau 4: Statistiques descriptives pour les données de la portion investissement de capital aux États-Unis (données agrégées).....	29
Tableau 5: Statistiques descriptives pour les données de la portion investissement de capital au Canada (données agrégées).....	29
Tableau 6: Statistiques descriptives pour les données de la portion investissement de capital aux États-Unis (données transactionnelles).....	30
Tableau 7: Statistiques descriptives pour les données de la portion investissement de capital au Canada (données transactionnelles).....	30
Tableau 8: Corrélations entre les variables impactant la levée de capital (États-Unis).....	31
Tableau 9: Corrélations entre les variables impactant la levée de capital (Canada).....	31
Tableau 10: Corrélations entre les variables impactant l'investissement du capital (États-Unis).....	32
Tableau 11: Corrélations entre les variables impactant l'investissement du capital (Canada).....	32
Tableau 12: Résultats attendus.....	41
Tableau 13 : Régression linéaire sur les variables impactant la levée de capital aux États-Unis et au Canada.....	42
Tableau 14 : Régression linéaire en panel sur les variables impactant l'investissement de capital aux États-Unis et au Canada.....	44
Tableau 15 : Régression linéaire sur les variables impactant l'investissement de capital aux États-Unis et au Canada en terme de transactions.....	46
Tableau 16 : Régression linéaire en panel sur les variables impactant l'investissement de capital aux États-Unis et au Canada avec effets fixes.....	48
Tableau 17 : Régression linéaire sur les variables impactant la levée de capital aux États-Unis.....	62
Tableau 18 : Régression linéaire robuste sur les variables impactant la levée de capital aux États-Unis et au Canada.....	62

Tableau 19 : Régression linéaire robuste en panel sur les variables impactant l'investissement de capital aux États-Unis et au Canada.....	63
Tableau 20 : Régression linéaire robuste sur les variables impactant l'investissement de capital aux États-Unis et au Canada en terme de transactions.....	64
Tableau 21 : Régression linéaire robuste en panel sur les variables impactant l'investissement de capital aux États-Unis et au Canada avec effets fixes.....	64
Tableau 22 : Régression linéaire en panel de $INVESTEDCAPITAL_{t-1}$ causant IPO_t	65
Tableau 23 : Corrélation entre IPO_t et $INVESTEDCAPITAL_{t-1}$	65

Liste des figures

Figure 1: Total des nouveaux investissements en technologies propres aux États-Unis.....	4
Figure 2 : <i>Hype cycle model</i> de Gartner.....	17
Figure 3: Transaction moyenne de capital de risque en technologies propres.....	49
Figure 4: Nombre de transactions selon le stage aux États-Unis.....	50
Figure 5: Montant investi selon le stage aux États-Unis.....	50
Figure 6: Nombre de transactions selon le stage au Canada.....	50
Figure 7: Montant investi selon le stage au Canada.....	51
Figure 8: Nombre de transactions aux États-Unis selon l'ampleur.....	51
Figure 9: Nombre de transactions au Canada selon l'ampleur.....	52
Figure 10: Investissements par capital de risque en technologies propres (2004-2013) et technologies de l'information (1995-2004) aux États-Unis.....	53
Figure 11: Investissements par capital de risque en technologies propres (2004-2013) et technologies de l'information (1995-2004) au Canada.....	54

Remerciements

J'aimerais tout d'abord remercier sincèrement mes directeurs de mémoire, M. Decio Coviello et M. Jacques Lemay, pour leur expertise, leur qualité d'enseignant et leur expérience pratique qui m'ont permis de réaliser ce mémoire en partenariat avec une entreprise. Leur disponibilité, leurs suggestions judicieuses et leur implication dans mon mémoire ont tous été des facteurs de succès dans ma réussite.

Ensuite, je tiens à offrir mes remerciements à Cycle Capital Management et tout particulièrement à M. Claude Vachet, associé-directeur qui a su me superviser en entreprise et m'offrir les ressources ainsi que son expertise du domaine afin de réaliser ce mémoire. J'aimerais aussi mentionner l'appui financier offert par Mitacs, HEC Montréal, Cycle Capital Management et Écotech Québec.

Finalement, j'aimerais remercier mes proches, particulièrement mes parents ainsi que mon conjoint pour leur support, leur patience et leur écoute dans la réalisation ce mémoire. Je tiens aussi à remercier mon ami et collègue de travail M. Pascal Drouin pour ses conseils et réflexions afin de m'aider à cheminer de la rédaction de ce mémoire.

Résumé

L'analyse de l'investissement en technologies propres par capital de risque montre que celles-ci ont vécu une hausse dans leur investissement entre 2004 et 2011, puis une baisse lors des années 2012 et 2013. Aucune étude ne traitant spécifiquement de ces tendances, nous cherchions à savoir quels étaient les indicateurs influençant le capital investi dans les technologies propres et proposer des recommandations en fonction des résultats sur des actions possibles pouvant augmenter l'investissement de ces technologies. Nous avons tout d'abord analysé la portion guidant le capital pouvant être investi: la levée de capital par la firme. Les résultats, estimés par moindres carrés ordinaires, furent que la réputation et la performance de la firme, captées par le capital sous gestion et les appels publics à l'épargne effectués dans le passé influencent l'ampleur du capital levé. Par la suite, nous avons déterminé que l'investissement du capital, étant bien évidemment influencé par les fonds levés dans les années précédentes, était aussi affecté par les appels publics à l'épargne fait sur le marché, les incitatifs gouvernementaux et le capital investi dans les compagnies en démarrage.

Mots-clés : technologies propres, énergies renouvelables, innovation, capital de risque, investissement, levée de capital.

Abstract

The analysis of clean technology investment by means of venture capital shows that this industry knew investment rises between 2004 and 2011, then drops in 2012 and 2013. Since these trends haven't been addressed in previous studies, we wanted to know what would be the variables that impacts invested capital in clean technologies and come up with recommendations to improve investment in this industry. We first analyzed capital available for investment : fund raised by the firm. The results, estimated by ordinary least squares, were that the firm's reputation and performance, mesured by capital managed by the firm and previous IPOs, have an effect on fund raising. We then determined that capital investment, impacted of course by fund raised in the previous years, was also impacted by

previous IPOs done on the market, government incentives and capital invested in early stages businesses.

Key words: clean technology, renewable energy, innovation, venture capital, investment, fund raising.

1. Introduction

En des temps où la population mondiale croît à un rythme soutenu de 1% par an¹, où l'urbanisation va en augmentant, particulièrement dans les pays en développement, et où les changements climatiques révèlent de plus en plus leurs impacts sur notre environnement, l'homme prend conscience de l'impact qu'a la consommation des ressources sur son mode de vie présent et futur. Ainsi, des innovations sous la forme de produits, services, procédés ou systèmes plus efficaces et efficients d'utilisation de ces ressources sont nécessaires afin de répondre aux changements qui s'opèrent. Ce sont les technologies propres. Outre les préoccupations citées ci-haut, l'essor de ces technologies est également alimenté par le coût actuel des énergies, la compétitivité du marché global et une hausse dans le capital investi par les grandes industries dans la recherche et le développement. L'émergence des technologies propres est à ce point importante qu'elle est décrite par l'auteure Carlota Perez² comme la sixième révolution technologique, succédant à la révolution industrielle; l'âge de la locomotive et des chemins de fer; l'âge de l'acier, de l'électricité et constructions d'envergure; l'âge du pétrole et la révolution numérique.

Les technologies propres ne se définissent toutefois pas comme un secteur particulier au sens traditionnel du terme : il s'agit davantage d'une thématique. De cette façon, tant que la technologie visée permette de réduire les impacts environnementaux néfastes et/ou limiter la consommation de ressources tout en créant de la valeur, son domaine d'activité importe peu. Cependant, dans le cadre de cette étude, la définition et les technologies que lui prête Bloomberg New Energy Finance (BNEF) seront utilisées.

Les analystes de BNEF utilisent, tout d'abord, le terme « énergies propres ». Ils incluent le gaz naturel, les énergies renouvelables de grande échelle, l'efficacité énergétique, les transports durables et la distribution, l'entreposage et la capture d'énergie et de carbone. Les énergies renouvelables de grande échelle comprennent l'énergie solaire, éolienne,

¹ Banque Mondiale

² PEREZ, Carlota (2002). *Technological revolutions and financial capital : the dynamics of bubbles and golden ages*, Edward Elgar Pub, 198p.

hydroélectrique, géothermique ainsi que la biomasse et les biocarburants. Le recyclage de rebuts en énergie est aussi considéré. La catégorie de l'efficacité énergétique comprend tout ce qui touche à la gestion de l'énergie, le réseau intelligent (*smart grid*) entre autres. Le transport durable est composé des véhicules électriques et des véhicules fonctionnant au gaz naturel. Finalement, la dernière catégorie, en plus d'inclure tout ce qui porte sur l'entreposage d'énergie et la distribution à petite échelle, comporte aussi les piles à combustible et la récupération de chaleur en énergie.

L'avènement des technologies propres au marché se fait entre autres par le biais du financement par fonds de capital de risque, avec des besoins parfois comblés par des programmes gouvernementaux de subventions, des anges investisseurs³ et des fonds privés d'investissements. Le capital utilisé par la firme pour financer les projets d'intérêt provient en majorité d'investisseurs institutionnels tels que des caisses de retraite, des fonds universitaires et de grandes corporations. Les innovations visées étant jugées risquées par un investisseur régulier étant donné le caractère nouveau de la technologie ou du modèle d'affaires, l'affiliation à une firme de capital de risque est appropriée. Il serait par contre faux d'affirmer que cette même firme ne reconnaît pas le risque en jeu, au contraire. L'objectif visé par ce type de fonds est de fournir du capital et du support à des nouvelles entreprises, à des entreprises en développement et à des entreprises en expansion, toutes ayant un fort potentiel de croissance, afin de dégager de hauts rendements. Le risque se matérialise dans le portefeuille lorsqu'une forte proportion de celui-ci se conclut par une perte, ou, à tout le moins, un retour sur investissement nul. Donc, si la majorité des investissements résultent en un échec, ce sont une minorité d'investissements, soit 8% du capital investi, qui résultent en 70% des rendements réalisés. La réalisation de ceux-ci se fait généralement par appel public à l'épargne (IPO⁴) ou par fusion-acquisition (M&A⁵) une fois que l'entreprise concernée est parvenue à se valoriser suffisamment. Pour cela, elle doit réussir à prouver l'intérêt et la viabilité de sa technologie, l'amener au marché et lui assurer

³ Individu influent et fortuné fournissant du capital à une entreprise.

⁴ *Initial public offering* : premier appel public à l'épargne ; première fois que des actions sont distribuées sur le marché public par une compagnie anciennement privée.

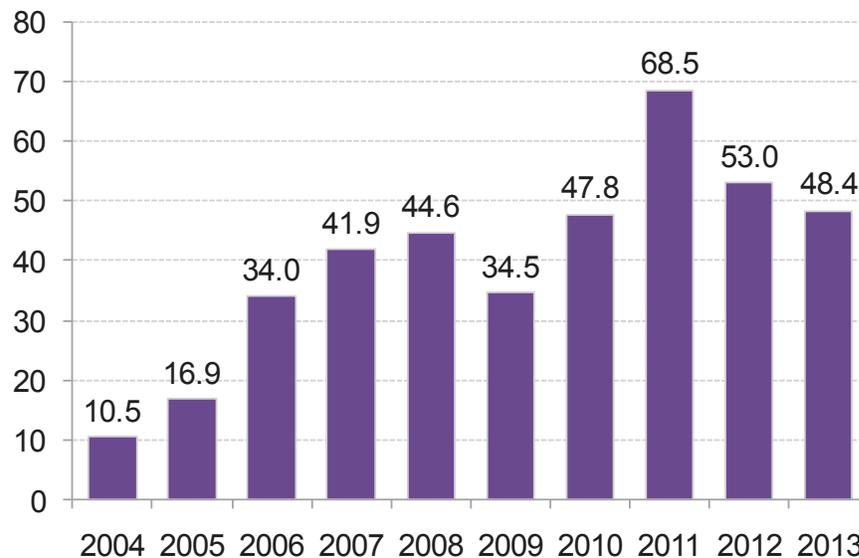
⁵ *Merger and acquisition* : achat, vente, combinaison et division d'entreprises similaires.

une croissance et continuité commerciale. L'adoption de la technologie par le consommateur est une étape déterminante dans ce processus. Habituellement, cela peut prendre jusqu'à neuf ans en moyenne avant d'être complété, car les investissements en technologies propres peuvent être très coûteux et complexes. Durant cette période, des montants sont versés de manière récurrente aux entreprises afin de les aider à atteindre différents objectifs intermédiaires, dans le but ultime d'accéder à la rentabilité et la valorisation espérée. Ceci, qu'on appelle le financement par rondes, est un mécanisme permettant de mitiger le risque du fonds en s'assurant de l'avancement du projet avant de délivrer plus de capital. Un fonds de capital de risque, quant à lui, a une durée de vie d'environ dix ans. À la fin de cette période, toutes les participations dans les entreprises du portefeuille doivent être arrivées à échéance et les rendements distribués aux partenaires.

Depuis le début de l'ère des technologies propres, par comparaison à l'ère des technologies de l'information ou des biotechnologies, le capital qui y a été investi a connu une ascension importante. Le développement rapide de ces technologies est caractérisé par une augmentation du capital investi dans les innovations clés du milieu (énergie solaire et éolienne, biocarburants). La Figure 1 permet de voir l'évolution qui a caractérisé le secteur dans la période qui nous intéresse, soit la décennie 2004-2013. C'est précisément ce à quoi ce mémoire s'attardera : une étude de la tendance de ces investissements par les facteurs qui l'influencent. De plus, l'analyse se concentrera uniquement sur la situation au Canada et aux États-Unis. Afin de définir la problématique, l'environnement américain sera présenté, celui-ci impactant directement le secteur canadien.

Selon BNEF, la période précédant la crise fut porteuse de croissance en termes de montants investis, d'opérations effectuées et notamment de nombre de firmes de capital de risque s'intéressant à l'industrie. En effet, les opérations, qui sont définies comme montant unique versé à l'entreprise peu importe la ronde de financement ou le stage de croissance, ont plus que doublé entre 2004 et 2007. Les firmes de capital de risque ont, quant à elles, quadruplé de 2000 à 2007.

Figure 1: Total des nouveaux investissements en technologies propres aux États-Unis (milliards)



Source: Bloomberg New Energy Finance

Au cours de la crise financière ayant frappé le monde, mais surtout les États-Unis, en 2008-2009, une diminution importante de l'activité en technologies propres a été observée. Effectivement, alors que la croissance des nouveaux investissements suivait une tendance très accentuée auparavant, celle-ci a connu une augmentation plus faible en 2008 pour se situer à 6%, puis un recul de -29% en 2009. Le nombre d'opérations de financement a aussi diminué, de 7% en 2008 et 14% l'an suivant.

Avant la crise, les investisseurs du secteur des énergies renouvelables pouvaient bénéficier des crédits d'impôt *Production Tax Credit* (PTC) et *Investment Tax Credit* (ITC), et ce, depuis 1992 et 2005, respectivement. Le PTC permet d'obtenir un crédit variant entre \$0.011 et \$0.022 par kilowattheure (kWh) produit, dépendamment de la technologie utilisée, mais étant surtout appliqué à l'énergie éolienne. Le ITC permet d'obtenir un crédit de 30% sur les coûts en capitaux éligibles d'un projet, majoritairement utilisé pour les projets d'énergie solaire et autres technologies renouvelables. De plus, les investisseurs en énergie éolienne et bénéficiaires de l'ITC avaient aussi accès au programme *Modified*

Accelerated Capital-Recovery System (MACRS) qui leur permettait de déprécier leurs actifs plus rapidement (cinq ans) et ainsi différer leur revenu imposable. Généralement, les avantages fiscaux sont un bon moyen utilisé par les autorités fédérales pour encourager un comportement. Par contre, durant la crise financière, ces avantages se sont révélés insuffisants. En effet, les entreprises en démarrage n'ayant pas les revenus nécessaires pour profiter de crédits d'impôt, elles se tournent vers des tierces parties, comme les institutions financières, pour financer leur projet en échange des avantages fiscaux. Le problème était, qu'en 2009, le nombre d'institutions prêtes à continuer d'investir dans les nouveaux projets d'énergie renouvelable a dégringolé. C'est ainsi que le Congrès américain a mis en place le §1603 Program (faisant partie du *American Recovery and Reinvestment Act of 2009*) afin de stimuler le secteur. De l'argent sonnait étant beaucoup plus attrayant qu'un crédit d'impôt, le gouvernement fédéral a donc offert aux bénéficiaires du ITC un montant de 30% du coût en capital d'un projet prêt à être mis en chantier, en remplacement du crédit. Cela a été un grand succès : de nombreuses entreprises dans le milieu de l'énergie solaire, éolienne et géothermique ont pu en bénéficier.

Le §1603 Program fut grandement exploité entre 2010 et 2011 : le programme devant expirer au 31 décembre 2011. La reprise économique et ces incitatifs donnèrent un nouveau souffle aux technologies propres et permirent une croissance de plus ou moins 30% des investissements en 2010 et 2011. Cependant, lorsque le programme prit fin, on ne put que constater l'effet transitoire que celui-ci avait. Effectivement, suivant son expiration, les nouveaux investissements chutèrent. Les conséquences qu'ont les politiques sont, selon Victor et Yanosek (2011), dues au fait qu'elles sont très incertaines et volatiles : elles ne sont pas annoncées, ont des dates d'expiration, sont parfois renouvelées et semblent dépendre de l'humeur des autorités fédérales. De plus, particulièrement dans le cas du §1603 Program, l'emphase est malheureusement mise sur un développement rapide, à cause de la période de temps restreinte pour faire les investissements, plutôt que sur une technologie soutenable et compétitive.

Les chiffres décrits corroborent une hausse puis une baisse dans l'investissement en technologies propres par les firmes de capital de risque. Ces tendances ont des conséquences autant pour les firmes, les investisseurs de ces fonds, les entreprises innovantes que pour l'économie. Dans le cadre de ce mémoire, l'hypothèse est faite que ces protagonistes préfèrent que l'investissement fait en technologies propres soit croissant, cela augmentant leur profit ultimement.

Outre les incitatifs gouvernementaux historiques, plusieurs autres facteurs pourraient expliquer les fluctuations observées dans l'investissement en technologies propres au cours des dix dernières années. Ceux-ci seront explicités dans la REVUE DE LITTÉRATURE. Il sera montré que si de nombreux articles s'entrecroisent sur le sujet, aucun d'entre eux ne répond en termes clairs et mathématiques à la question. La nouveauté du sujet en lequel consiste l'investissement dans les technologies propres nous encourage, en plus d'explorer une littérature scientifique, à considérer une littérature produite par des professionnels du milieu afin de bien cerner diverses opinions. Notre analyse sera par ailleurs divisée en deux parties, soit les facteurs impactant la levée de capital par la firme et, ensuite, ceux qui déterminent le capital précisément investi dans les technologies propres.

Les variables identifiées dans la revue de littérature seront définies en termes explicites, ainsi que leur provenance, dans la section DONNÉES.

Les modèles et les méthodes économétriques employés afin d'atteindre les objectifs poursuivis seront décrits dans la MÉTHODOLOGIE. Afin de bien cerner la validité des résultats qui seront obtenus avec la méthodologie, les hypothèses propres à chaque modèle et les limitations devront être posées.

La section RÉSULTATS seront présentés les résultats découlant du traitement des données et de faire des liens entre l'analyse et la problématique, dans le but de formuler des recommandations sur les actions à poser par les acteurs œuvrant dans le financement des technologies propres.

Enfin, ces mêmes recommandations, s'appuyant sur l'avis d'experts conséquemment aux résultats, seront proposées et étayées dans la section CONCLUSION afin d'encourager la croissance du milieu des technologies propres au Canada et aux États-Unis.

2. Revue de littérature

La présente section a pour but de recenser les écrits pertinents au sujet. Ainsi, les articles de Gompers et Lerner (1999), Jeng et Wells (1998) et Hargadon et Kenney (2011) mettent en lumière des caractéristiques et des méthodologies générales au capital de risque quant à la formation de capital et à l'investissement qu'y en est fait. Puis, l'article de Victor et Yanosek (2011) apportera une vision davantage axée sur le secteur des technologies propres, précisément sur ce qui a façonné la transformation de celui-ci. Enfin, étant donné que peu d'écrits se rapportent aux technologies propres dans le contexte où nous l'abordons, un article rédigé par des professionnels du milieu, Fugere et Kachan (2012) a été considérée.

i. Littérature académique

Gompers et Lerner (1999), célèbres auteurs du domaine du capital de risque, étudient les facteurs influençant la levée de capital aux États-Unis. Tel que précédemment annoncé, la première partie de l'analyse s'intéressera à la formation du capital par la firme.

Ils étudient globalement la dynamique de l'offre et la demande, dans ce cas définie comme l'offre de capital de risque aux fonds par les investisseurs et la demande de capital par les entrepreneurs. La dynamique suit l'idée que les investisseurs offrent davantage de capital lorsque les rendements sont hauts et, au contraire, la demande de capital par les entrepreneurs est en baisse lorsque les rendements du secteur sont hauts, de moins en moins d'entreprises répondant au critère. Cette dynamique vient fixer un équilibre qui se déplace selon les critères posés.

Les auteurs portent une attention particulière à l'étude de l'impact de l'imposition des gains en capital. Ils se réfèrent à l'auteur James Poterba (1989), qui propose que cela est peu susceptible d'influencer l'offre, considérant que plusieurs investisseurs en capital de risque sont exempts d'impôt. Cependant, pour les investisseurs payant de l'impôt, une baisse de l'impôt relié au gain en capital aurait pu diminuer le rendement exigé par ceux-ci. Gompers

et Lerner se réfèrent aussi à Poterba lorsqu'ils développent l'idée que la diminution de cette taxe encourage l'entrepreneuriat. En effet, le travailleur standard tire une compensation de son salaire taxé à un certain taux. Or, l'entrepreneur tire sa compensation de l'appréciation en capital de sa compagnie. De cette façon, il est possible qu'une diminution du degré d'imposition sur les gains en capital ait un effet de premier ordre encourageant plus de gens à devenir entrepreneurs. Ainsi, plus de projets et de meilleurs projets seraient disponibles à l'investissement sur le marché, ayant pour conséquence d'augmenter l'équilibre.

Certaines composantes macroéconomiques auraient certainement un impact selon les auteurs. Ils citent le rendement espéré sur les investissements alternatifs et la santé générale de l'économie. Si les investissements alternatifs sont plus attrayants cela réduit l'investissement en capital de risque. Lorsque l'économie est croissante, davantage d'opportunités se présentent aux entrepreneurs, ce qui aurait pour effet d'augmenter la demande de capital. Gompers et Lerner mesurent la santé de l'économie par la croissance réelle du PIB et les rendements du marché boursier. Le rendement du *Treasury Bill* (T-Bill) est utilisé comme mesure de rendement des investissements alternatifs au capital de risque.

Finalement, au niveau de la firme de capital de risque elle-même, les performances passées de la firme semblent avoir un impact. Effectivement, Gompers et Lerner se tournent vers Sirri et Tufano (1998), qui affirment que la réputation que les nouvelles firmes, uniquement, bâtissent sur leurs récentes performances influence les investissements qui y sont faits. Il est donc important pour une nouvelle firme de performer afin d'établir une bonne réputation. Les performances sont mesurées quant à la valeur des entreprises amenées sur le marché public (IPO) dans l'année précédente. L'IPO est utilisée, car c'est cette sortie qui donne la meilleure performance (195%) versus le M&A (40%). Les fonds gérés et l'âge de la firme sont aussi des facteurs de mesure de la réputation testés.

Afin de vérifier les facteurs précédemment énoncés dans le cadre de la formation de capital, les auteurs utilisent une régression multivariée sur le logarithme du capital consenti (promesse de capital par l'investisseur) dans l'industrie du capital de risque. Le logarithme est utilisé afin de capter les variations par point de pourcentage. Ils concluent que

seulement la croissance réelle du PIB dans l'année précédente et l'actuel taux d'imposition du gain en capital influencent le capital consenti dans l'industrie.

Gompers et Lerner estiment aussi un modèle de Heckman en deux étapes afin de déterminer la probabilité de lever un nouveau fonds puis, dans le cas échéant, l'ampleur de ce fonds. Ce modèle vise à contourner le biais de sélection qui peut se poser. Il en résulte que le rendement du T-Bill est positivement relié à la probabilité de lever le fonds. Puis, la performance de la firme en termes d'IPO, l'imposition du gain capital et la réputation de la firme, particulièrement quant aux fonds gérés, sont positivement reliés à l'ampleur du fonds levé. Un modèle centré (*within*) est aussi utilisé pour éliminer les effets spécifiques à la firme elle-même dans la régression. L'élimination de tels effets pourrait aussi être effectuée pour des pays, comme dans notre cas.

En résumé, malgré qu'il serait très pertinent d'utiliser le modèle d'Heckman combiné à des estimateurs centrés, la nature des données que nous comptons utiliser et leur probable différence avec celles de Gompers et Lerner nous empêchent d'aller en ce sens. En effet, la base de données des auteurs est constituée d'une liste de firmes définie et de leurs fonds respectifs au fil des ans. Cela fait en sorte que ces données fournissent de l'information sur les fonds qui n'ont pas été levés et permettent l'analyse en panel. Ainsi, nous envisageons la régression multivariée afin d'étudier la levée de capital. Cela sera aussi utilisé dans la deuxième partie de l'analyse, touchant l'investissement du capital levé. Les variables s'y rapportant seront présentées dans les articles subséquents. Toutes les variables énoncées, soit la croissance du PIB, la croissance du T-Bill, l'imposition du gain en capital, la valeur des fonds gérés par la firme et la valeur de l'IPO à la période t-1 seront conservées pour évaluer la formation de capital. On inclura également des variables d'IPO des autres secteurs porteurs du capital de risque, les technologies de l'information et les biotechnologies, pour capter le fait que si les autres secteurs performent mieux, les investisseurs auront tendance à s'y diriger. Dans l'article de Gompers et Lerner, comme dans les prochains, les bases de données devront être remplacées afin de répondre à notre période cible, 2004 à 2013.

À la suite de la formation de capital vient l'investissement de celui-ci. Jeng et Wells (1998) relatent dans leur article les facteurs influençant l'investissement par voie de capital de risque au travers 21 pays.

Les auteurs, comme l'ont fait Gompers et Lerner, malgré qu'ils ne testent pas la formation de capital, admettent l'importance de l'imposition des gains en capital sur l'investissement en capital de risque. Cependant, ils considèrent difficile de trouver une bonne mesure de cela. Ils testent tout de même le taux d'imposition individuel sur le gain en capital et ne trouvent pas d'impact significatif.

Jeng et Wells, tout comme Gompers et Lerner, étudient l'IPO comme variable influençant l'investissement en capital de risque. Ils testent aussi la variable macroéconomique PIB comme facteur explicatif. Ensuite, les auteurs s'intéressent à l'impact des programmes gouvernementaux. Ils prennent compte de ce facteur en subdivisant l'investissement en capital de risque selon que le gouvernement participe ou non à l'opération d'investissement. Plusieurs variables d'intérêt des auteurs ne seront pas prises en compte dans ce mémoire étant donné leur non applicabilité aux technologies propres et la région géographique choisie.

Ils utilisent des régressions à estimateurs en moyenne (*between*) afin de tester les effets des variables au travers des pays et des régressions à estimateurs centrés (*within*) pour tester les changements dans le temps (purger les effets fixes dans le temps). Le cas qui nous intéresse est la régression à effets fixes. Les auteurs font trois régressions pour tester leurs variables : une sur les investissements en capital de risque, une sur les investissements en capital de risque à stages inférieurs (entreprises en démarrage⁶) et une sur les nouveaux capitaux levés par la firme. La conclusion, comme dans l'article de Gompers et Lerner, met l'accent sur l'importance de l'IPO. Les auteurs mentionnent que la relation inverse (l'investissement cause l'IPO) pourrait être plausible mais ils invalident cette hypothèse. Ils remarquent aussi que cette variable n'a pas les mêmes impacts sur les investissements en stages inférieurs. Ils

⁶ *Early stage*

démontrent ainsi que chaque étape de financement a des particularités et ne peut être traitée de la même façon. De plus, la participation gouvernementale est aussi reconnue comme ayant un fort impact. Jeng et Wells soulignent que les politiques gouvernementales mériteraient que l'on s'y attarde car elles n'atteignent pas toujours l'objectif escompté.

Les valeurs étudiées significatives, soit l'IPO et une variable dichotomique des différentes politiques gouvernementales en vigueur sont appropriées et seront utilisées dans le présent mémoire. Les subventions gouvernementales ne seront pas conservées comme variable, car la sensibilité entre le capital provenant de sources privées et publiques est conclue comme négligeable. De plus, tel que précédemment souligné, la régression à estimateurs centrés est un modèle absolument indispensable pour tester les variables dans le temps pour une même firme ou un même pays et donc exprimer quels sont les facteurs qui démontrent la diminution de l'investissement en technologies propres.

Hargadon et Kenney (2011) se concentrent davantage sur le secteur particulier des technologies propres et ils critiquent essentiellement l'utilisation du capital de risque comme véhicule de financement de la révolution du secteur. Les succès passés du capital risque dans certains secteurs ne sont pas nécessairement prédictifs de succès dans le cas présent. Les auteurs questionnent aussi la place des incitatifs fournis par le gouvernement dans le processus.

Hargadon et Kenney soulignent premièrement quelles sont les caractéristiques d'un investissement réussi en capital de risque. Selon eux, l'investissement doit se situer dans un marché large et à croissance rapide. Il doit y avoir une migration rapide des consommateurs vers les nouvelles technologies visées. Ensuite, une possibilité d'effectuer des économies d'échelle doit être possible. En effet, les entrepreneurs doivent être capables d'atteindre une croissance rapide dans leur marché sans augmenter dans la même mesure leurs actifs financiers. Finalement, les auteurs considèrent que le retour sur investissement se doit d'être important et rapide. Dans les secteurs où les retours sont trop bas, les investissements ont tendance à décroître.

Les auteurs s'intéressent deuxièmement à l'applicabilité de ces critères aux technologies propres. Ils comparent les énergies renouvelables à leurs concurrents, les énergies traditionnelles, car dans ce marché, la technologie doit avoir un pouvoir perturbateur afin d'être adoptée par le consommateur. Globalement, Hargadon et Kenney argumentent que les énergies renouvelables ne constituent pas un investissement réussi au sens des caractéristiques énoncées antérieurement, car elles ne peuvent concurrencer avec les énergies traditionnelles. Au-delà de l'opinion des auteurs, ce qui nous intéresse dans le cadre de ce mémoire est la comparaison entre les deux types d'énergie. Le marché de l'énergie produisant un produit relativement indifférencié, les watts, la consommation de celui-ci sera fortement, sinon uniquement, influencé par son coût. Ainsi, l'étude d'un indice de prix permettrait d'évaluer la compétitivité des énergies renouvelables versus les énergies traditionnelles, car ultimement, l'énergie la moins coûteuse dans une région est celle qui est le plus largement adoptée. Il serait donc plus intéressant d'investir dans une énergie qui a un fort potentiel d'adoption et ainsi, de profit. De plus, le directeur de Bloomberg New Energy Finance, Michael Liebreich, suggère lors du sommet de BNEF à New York en avril 2013 que la diminution de l'investissement en technologies propres aurait un lien avec la baisse du coût de ces innovations. Ces baisses seraient dues à des améliorations dans la technologie, à une capacité d'économies d'échelle maintenant possible et aussi à une surcapacité énergétique qui fait baisser les prix. Ces affirmations viennent contredire Hargadon et Kenney dans leur conclusion.

Enfin, les auteurs critiquent les prêts garantis consentis par le gouvernement et autres incitatifs. Ces montants sont tellement importants pour les compagnies qui les reçoivent que cela met dans une position très désavantageuse celles qui ne les reçoivent pas. Les incitatifs financiers gouvernementaux créent aussi une dépendance qui mène à un effondrement lorsque leur avenir est certain et/ou qu'ils sont retirés. Les auteurs considèrent que les énergies renouvelables ne devraient recevoir du support lorsque celles-ci sont compétitives d'un point de vue financier et énergétique et qu'elles sont à l'étape de la production, non du développement. Des politiques axées sur la production et la consommation de l'énergie seraient plus efficaces.

L'article dresse un portrait peu reluisant du secteur. Par contre, en association avec les propos de Liebreich, il fait germer l'idée de l'importance des coûts de production de l'électricité. La régression du capital investi en technologies propres, deuxième partie de notre analyse, comptera donc une variable reflétant l'évolution du coût de l'électricité des énergies traditionnelles, comme renouvelables. Cela comprends le charbon, l'hydroélectricité, l'énergie solaire et l'énergie éolienne. Le coût de l'énergie uniformisé (LCOE⁷) pourrait être une bonne mesure de cela. L'impact des politiques gouvernementales, tel qu'il a déjà été admis, est certainement un facteur qui peut propulser ou décimer un secteur. Elles se doivent donc de viser les bons objectifs. À la lumière des arguments de Hargadon et Kenney, des politiques comme la PTC aux États-Unis auraient des effets plus constants, donc meilleurs à long terme. Au Canada, les mesures fiscales encourageant l'investissement en énergies renouvelables, telles les catégories 43.1, 43.2 et la déduction des frais liés aux énergies renouvelables et aux économies d'énergie au Canada (FEREEC)⁸ de la Loi de l'Impôt sur le Revenu, ne correspondent pas non plus aux critères posés par Hargadon et Kenney.

Victor et Yanosek (2011) adoptent une approche plus pratique et décrivent l'anatomie de la crise vécue par le secteur. Ils proposent des actions à apporter afin de corriger le tir.

Selon les auteurs, la crise prend racine dans un cycle de mise en place et de retrait de politiques qui encourage les investisseurs à entreprendre des investissements simple et rapides, au lieu de se concentrer sur des projets durables avec des possibilités de bouleversements. Victor et Yanosek proposent que les politiques qui «tirent» les investissements dans le secteur ont des effets constants sur celui-ci, tandis que les

⁷ *Levelized cost of energy*

⁸ Plus précisément, en vertu des catégories 43.1 et 43.2 du Règlement de l'impôt sur le revenu, certaines dépenses d'équipement pour l'achat de systèmes produisant de la chaleur ou de l'électricité de façon écoénergétique à partir de combustibles fossiles ou de sources d'énergies renouvelables de remplacement sont admissibles à des déductions accélérées du coût en capital; ces dernières peuvent représenter respectivement 30% et 50% du coût, en fonction de la valeur résiduelle. Sans ces déductions accélérées, une bonne part de ces actifs enregistrerait une dépréciation annuelle de 4% à 20%. La déduction des FEREEC permet que les dépenses engagées durant l'élaboration et le démarrage des projets d'énergies renouvelables et d'économie d'énergie bénéficient d'une déduction complète ou soient financées par l'entremise d'actions accréditatives.

politiques qui «poussent» les investissements ont de forts effets qui sont discontinués lorsque la politique prend fin. Le gouvernement supporterait aussi, avec ses prêts garantis, uniquement les projets les moins risqués, à des stages plus avancés, par le fait même ceux qui auraient le moins le pouvoir de se tailler une place permanente dans l'industrie et le moins besoin de ce capital. Les auteurs estiment que les montants faramineux consentis en prêts à ces entreprises devraient être davantage distribués à des laboratoires et universités afin de fermer l'écart technologique⁹ permettant d'amener des technologies prometteuses au marché. Selon eux, le gouvernement doit se charger de cela, car les firmes privées s'y rebutent.

Cet article poursuit un objectif semblable au nôtre. Encore une fois, les hypothèses des auteurs ne sont pas testées et sont seulement proposées. Selon ceux-ci, la sphère politique est la seule qui aurait influencé la tendance à la baisse de l'investissement en technologies propres, ce qui, à la lumière des autres articles, est possiblement réducteur. Victor et Yanosek admettant l'importance d'investir dans des compagnies en démarrage et la tendance à la baisse de l'investissement dans les entreprises en démarrage faisant partie du phénomène général observé, il serait intéressant d'étudier, en regard au présent article, si cette variable retardée ne serait pas un facteur de mesure des projets de qualité disponibles au marché. Ainsi, il y a plus de projets de qualité qui sont amenés au marché, plus il y aurait d'offre de capital de la part de la firme, si on se réfère à l'article de Gompers et Lerner. Le nombre de retards à considérer est fixé en fonction du type de données que l'on utilise (annuelles dans notre cas). Dans la pratique, le nombre de retards maximum pour des données annuelles est de quatre. De manière arbitraire, et en fonction des particularités du financement de l'innovation, nous pourrions considérer trois retards pour cette variable, étant donné que l'expansion d'une entreprise innovante doit se produire relativement rapidement, mais qu'il peut y avoir des délais pour la construction d'infrastructures.

⁹ Offre faible de technologies plausibles au marché.

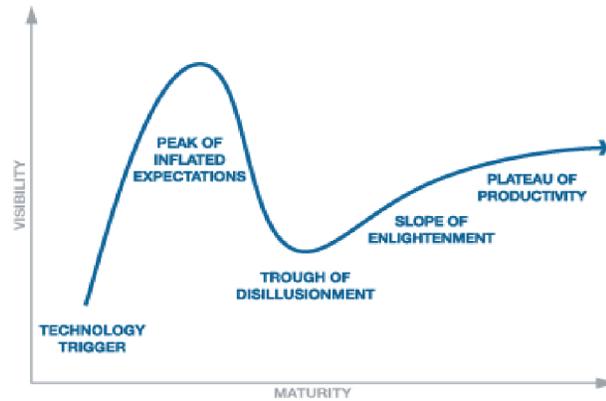
ii. Littérature professionnelle

Le sujet traité dans ce mémoire étant relativement récent, une littérature non académique a été considérée. Les facteurs proposés dans l'article suivant sont des hypothèses formulées par des professionnels influents du secteur et n'ont pas encore été testés statistiquement.

Fugere et Kachan (2012) proposent l'implication d'un cycle de vie des innovations impactant l'évolution des technologies propres. Il est à noter que Dallas Kachan est l'ancien directeur général de Cleantech Group, maintenant directeur de Kachan & Co, une firme conseil faisant de la recherche dans le domaine des technologies propres.

Fugere et Kachan invitent tout d'abord à considérer une tendance inspirée de la bulle informatique (*dot com bubble*) afin d'imiter ce qui se produit actuellement avec les technologies propres. Les secteurs des hautes technologies avec d'importantes barrières à l'entrée dans leurs débuts, tels les technologies de l'information et les biotechnologies ont connu une progression semblable selon l'analyste. L'observation de l'issue de plus de 11 000 investissements en capital de risque entre 1991 et 2000, au début de l'ère internet et des biotechnologies, montre que plus de 53% de ceux-ci ont échoué. De plus, des échecs importants, il cite le cas Solyndra, apparaissent comme faisant peur aux investisseurs induisant le fait que le secteur est trop risqué, alors qu'il ne s'agit que d'un investissement mal positionné par rapport au marché. L'auteur dénonce aussi l'exubérance des investisseurs par rapport à ces secteurs, ce qui contribue à un gonflement de l'investissement puis à un relâchement. Inspiré de la tendance autour de la bulle technologique, Kachan exploite le *hype cycle model* de la firme de recherche en technologie de l'information Gartner illustrée à la Figure 2. Il est à noter que le modèle ne définit aucune limite précise de temps pour chaque étape du cycle : cela est propre à chaque secteur. Après l'«apogée des attentes gonflées», l'auteur estime que les technologies propres se trouvent actuellement dans la phase de désillusion.

Figure 2: *Hype cycle model de Gartner*



Source: Kachan & Co (2012)

L'hypothèse de l'auteur sur une tendance qui se répète liée à plusieurs facteurs propres aux nouvelles innovations sera vérifiée en faisant le graphique de la série et en comparant l'ajustement avec la *dot com bubble*. Cela suppose que toutes les innovations suivent un processus semblable, ce qui est peu sûr lorsqu'on compare les caractéristiques des secteurs. Cependant, cette hypothèse mérite d'être étudiée.

3. Données

La présente section a pour but de présenter la construction de la base de données ainsi que les variables qui ont été retenues pour les analyses subséquentes en référence à ce qui a ressorti de la revue de littérature. Les variables présentées dans le Tableau 1 seront utilisées.

Tableau 1: Définition des variables

Sigle de la variable	Description
INVESTEDCAPITALIT _t	Capital (en millions de \$) total investi dans les technologies de l'information au temps t
INVESTEDCAPITAL _t	Capital (en millions de \$) total investi dans les technologies propres au temps t
CAPINVESTEDCAPITAL _{xt}	Capital (en millions de \$) investi par transaction X en technologies propres au temps t
FUNDRAISED _{it}	Capital (en millions de \$) levé au temps t par la firme de capital de risque dérivant au moins 50% de ses revenus d'investissement faits en technologies propres
CAPITALMANAGED _{it-1}	Fonds gérés (en millions de \$) par la firme au temps t-1
COAL _t	Levelized cost of energy (LCOE) du charbon au temps t
EARLY _{t-1}	Capital (en millions de \$) total investi dans des entreprises catégorisées en démarrage au temps t-1
EARLY _{t-2}	Capital (en millions de \$) total investi dans des entreprises catégorisées en démarrage au temps t-2
EARLY _{t-3}	Capital (en millions de \$) total investi dans des entreprises catégorisées en démarrage au temps t-3
HYDRO _t	Levelized cost of energy (LCOE) de l'hydroélectricité au temps t
IPOBIO _{t-1}	Valeur (en millions de \$) totale des IPOs effectuées sur le marché dans le secteur des biotechnologies au temps t-1
IPO _{it-1}	Valeur (en millions de \$) des IPOs effectuées par la firme au temps t-1
IPO _{it-2}	Valeur (en millions de \$) des IPOs effectuées par la firme au temps t-2
IPOIT _{t-1}	Valeur (en millions de \$) totale des IPOs effectuées sur le marché dans le secteur des technologies de l'information au temps t-1
IPO _{t-1}	Valeur (en millions de \$) totale des IPOs effectuées en technologies propres sur le marché au temps t-1
GDPGROWTH _t	Croissance du produit intérieur brut par habitant (\$) au temps t
S163 _t	Prend la valeur 1 si le programme Section 163 était en vigueur au temps t, sinon 0
SOLAR _t	Levelized cost of energy (LCOE) de l'énergie solaire au temps t
STAGE _t	Prends la valeur 1 si l'entreprise est en démarrage, 2 si l'entreprise est en expansion, 3 si elle est à maturité
TAX _t	Taux maximum (%) d'imposition du gain en capital en vigueur au temps t au niveau fédéral
TBILLGROWTH _t	Croissance du rendement (%) moyen par an des Bons du Trésor au temps t
WIND _t	Levelized cost of energy (LCOE) de l'énergie éolienne au temps t

Les sources des données utilisées sont majoritairement BNEF, Pitchbook et Dow Jones. On y a recueilli les renseignements relatifs au capital levé par les firmes, aux fonds gérés par ces firmes, au capital investi dans les technologies propres, technologies de l'information et biotechnologies, ainsi que les IPO faites dans ces industries. Les données ont été recueillies sur la période partant du 1^{er} janvier 2004 au 31 décembre 2013, à moins d'avis contraire.

Les fonds pour lesquels le capital levé a été considéré sont ceux qui effectuent uniquement des investissements par capital de risque et dont le fonds est investi de 50% à 100% dans

les technologies propres. De plus, l'intervalle considéré pour la levée d'un fonds est compris entre le 1^{er} janvier 1999 et le 31 décembre 2013, car ces fonds sont investis sur une durée maximum de cinq ans. De cette façon, un fonds levé en 1999 pourrait avoir un impact sur l'investissement fait en 2004, début de notre période d'intérêt. Il est crucial de mentionner que nous n'avons pas travaillé à partir d'une liste finie de firmes comme certains auteurs l'ont fait, car il est difficile de définir une firme spécialisant son investissement en technologies propres. De plus, des firmes de capital de risque non-spécialisées investissent dans ce secteur.

En plus d'avoir discriminé les fonds et opérations en se basant sur les définitions de BNEF¹⁰, il est à noter que certains de ceux-ci ont dus être exclus de notre base de données en raison des informations manquantes à leur sujet, principalement le montant exact du fonds levés ou de l'opération effectuée. Ainsi, dans la période à l'étude, on a écarté 11 des 47 fonds et 182 des 2435 opérations d'investissement faites en technologies propres. Dans le cas des investissements faits en biotechnologies et technologies de l'information, ce sont respectivement trois et deux transactions qui ont été écartées. Le non-dévoilement de certains détails dans le milieu du capital de risque peut être dû à deux facteurs. Premièrement, il est possible que le fonds n'ait pas réussi à clôturer tous les fonds et qu'il n'ait ainsi pas pu être utilisé. Dans le cas d'une transaction, on parlerait davantage d'une opération n'apportant pas de nouveau financement à l'entreprise (par exemple, *reverse take over*). Deuxièmement, autant pour un fonds que pour une transaction, les montants peuvent être gardés secrets lorsqu'ils ne sont pas assez élevés. On évitera donc d'annoncer une transaction très faible, surtout aux États-Unis. Dans la portion évaluant les investissements, les opérations ont été regroupées en termes d'années et de pays pour former un panel.

L'hypothèse est ainsi faite que l'élimination des 182 opérations incomplètes n'affectera pas significativement les résultats, car ces opérations sont soit négligeables ou n'en sont pas. Par contre, le peu d'observations des fonds levés sera possiblement une limitation aux

¹⁰ Rappelons brièvement qu'il s'agit de transactions/fonds associés au gaz naturel, énergies renouvelables de grande échelle, efficacité énergétique, transports durables et traitement d'énergie et de carbone (distribution, entreposage et capture).

résultats qui seront obtenus au niveau de leur significativité. On devra composer avec prudence lorsque sera venu le moment de proposer des recommandations à ce sujet, car avec moins de 30 observations les coefficients obtenus tendent à être très instables. On ne pourra aussi estimer la régression que sur les données américaines, car le nombre de fonds levés au Canada est si faible ($N=7$) qu'il est inférieur au nombre de variables à étudier ($X_i=8$). Lorsqu'il y a moins d'équations à estimer que de variables, la solution n'est pas unique et il est donc impossible de l'estimer. Autrement, étant donné la nature des données étudiées, plus précisément dû au fait que le nombre de fonds créés est toujours restreint dans le milieu du capital de risque, particulièrement si l'on pose plusieurs critères d'admissibilité, il est impossible d'améliorer l'échantillon.

Ensuite, les données fiscales ont été obtenues auprès de l'Agence de Revenu du Canada et du centre de recherche américain *Tax Foundation*. En prenant en considération que l'imposition du gain en capital diffère si le gain a été fait durant l'année en cours ou non, il a été assumé dans ce cas qu'un entrepreneur liquiderait ses actifs après plus d'un an de détention. De plus, l'imposition maximale au niveau fédéral a été considérée.

Les données économiques telles le rendement des Bons du Trésor et le produit intérieur brut par habitant ont été obtenues auprès de la Banque du Canada, de la Banque Mondiale et de la *Federal Reserve of Economic Data* (FRED). À l'origine, la littérature dictait que le PIB au temps $t-1$ devrait être considéré, mais une corrélation entre notre variable dépendante et celle-ci a prouvé que la relation entre les deux était très faible comparativement à celle avec le PIB courant¹¹.

L'entrée en vigueur des différentes législations ont été trouvées dans les registres de la *Database of State Incentives for Renewables and Efficiency* (DSIRE) et du Ministère des Ressources Naturelles. À l'origine, nous devions prendre en compte les mesures fiscales américaines ITC, PTC et MACRS et les mesures fiscales canadiennes CRCE, C431 et

¹¹ $\text{Corr}(\text{FUNDRAISED}, \text{GDP}_{t-1}) = -0.0016$ et $\text{Corr}(\text{FUNDRAISED}, \text{GDP}_t) = -0.2059$

C432 mais celles-ci ont été écartées, car elles étaient en vigueur sur 90% à 100% de la période. Leur variation étant majoritairement nulle, on ne pouvait observer leur impact.

Finalement, le coût uniformisé de l'énergie fut une mesure très complexe à obtenir. Des données partiellement incomplètes ont été observées dans les documents de la firme-conseil Lazard, de BNEF et de BC Hydro. De plus, l'obtention d'un montant applicable à tout un pays pour toute une année est utopique, car cette mesure varie énormément par région, selon le moment de l'année et selon différentes conditions. Afin de minimiser ce problème, les estimations et tendances proposées par les intervenants ci-haut ainsi que par l'Energy Information Administration et Angevine, Murillo et Pencheva (2012) ont été considérées. Dans le doute, la référence au conseil des experts de la TTDC a été appliquée, comme quoi les tendances canadiennes sont supposées similaires aux tendances américaines. La mesure obtenue représente donc un coût moyen par MWh qui n'inclut aucun incitatif gouvernemental.

Toutes les données impliquant un montant d'argent ont été modifiées en utilisant l'indice des prix à la consommation du Bureau of Labor Statistics des États-Unis et de la Banque du Canada, afin de refléter les dollars de 2004. De plus, les transformations appropriées ont été apportées afin que chaque montant soit présenté dans la devise propre au pays concerné.

Les tableaux 2 et 3 présentent les statistiques descriptives de chaque variable de la portion levée de capital pour les États-Unis et le Canada, respectivement.

Tableau 2: Statistiques descriptives pour les données de la portion levée de capital aux États-Unis (fonds levés)

Variable	Obs	Moyenne	Écart-type	Min	Max
FUNDRAISED	29	150,5551	158,3676	5,5	616
TAX	29	0,1586207	0,192213	0,15	2
GDPGROWTH	29	2,005247	1,745063	-2,803604	4,088701
TBILLGROWTH	29	5,042414	58,47342	-74,45	92,55
IPO(t-1)	29	46,2549	96,66553	0	387,2628
IPO(t-2)	29	66,45462	337,2187	0	1818,17
IPOBIO(t-1)	29	1372,945	709,7769	153,516	2219,875
IPOIT(t-1)	29	2919,322	4296,972	200,9656	14983,67
CAPITALMANAGED	29	476,8824	981,4584	0	3887

Les tableaux 4, 5, 6 et 7 relatent les statistiques descriptives pour la portion investissement du capital, aux États-Unis et au Canada, respectivement. Ces statistiques sont présentées pour les données agrégées et transactionnelles.

Tableau 3: Statistiques descriptives pour les données de la portion levée de capital au Canada (fonds levés)

Variable	Obs	Moyenne	Écart-type	Min	Max
FUNDRAISED	7	67,4313	26,03653	29,76	102
TAX	7	0,145	0	0,145	0,145
GDPGROWTH	7	1,084518	1,817807	-2,711471	3,16313
TBILLGROWTH	7	-25,61429	37,6894	-76,17	36,12
IPO(t-1)	7	0	0	0	0
IPO(t-2)	7	3,872857	10,24662	0	27,11
IPOBIO(t-1)	7	5,36	14,18123	0	37,52
IPOIT(t-1)	7	56,35174	62,36392	0	122,1812
CAPITALMANAGED	7	24,46	34,8375	0	94,96

Tableau 4: Statistiques descriptives pour les données de la portion investissement de capital aux États-Unis (données agrégées)

Variable	Obs	Moyenne	Écart-type	Min	Max
INVESTEDCAPITAL	10	2330,503	1161,287	725,597	3918,793
IPO(t-1)	10	433,3734	277,7848	43,672	833,982
S163	10	0,2	0,421637	0	1
EARLY(t-1)	10	947,0625	534,1007	349,6438	1854,334
EARLY(t-2)	10	902,4792	587,8748	92,883	1854,334
EARLY(t-3_	10	798,0105	617,2372	92,883	1854,334
GDPGROWTH	10	1,717765	1,928504	-2,803624	3,787531
COAL	10	56,558	5,923374	49,28	64,8
HYDRO	10	52,22637	2,501118	49,05449	55,76
SOLAR	10	323,5091	188,929	79,38	621
WIND	10	141,2447	76,93922	56,7	279
SUMFUNDRAISED	10	2339,452	1122,535	603,3	3600,7

Tableau 5: Statistiques descriptives pour les données de la portion investissement de capital au Canada (données agrégées)

Variable	Obs	Moyenne	Écart-type	Min	Max
INVESTEDCAPITAL	10	64,0351	32,72153	27,133	142,3488
IPO(t-1)	10	120,9029	169,9581	0	481,804
S163	10	0	0	0	0
EARLY(t-1)	10	37,09084	30,69613	8,5578	107,8528
EARLY(t-2)	10	34,95124	31,71028	8,5578	107,8528
EARLY(t-3)	10	24,16596	20,53076	0	61,194
GDPGROWTH	10	1,902943	1,766125	-2,711471	3,374254
COAL	10	58,668	6,423819	51,52	68,8
HYDRO	10	50,44924	0,5109836	49,87678	51,38898
SOLAR	10	559,6514	275,3246	228,5325	1054,798
WIND	10	138,7308	53,59703	71,29129	231,8283
SUMFUNDRaised	10	253,664	71,43804	141,96	358,46

Tableau 6: Statistiques descriptives pour les données de la portion investissement de capital aux États-Unis (données transactionnelles)

Variable	Obs	Moyenne	Écart-type	Min	Max
INVESTEDCAPITAL	2129	10,94176	20,88215	0	305
IPO(t-1)	2129	463,4622	269,6302	44	834
S163	2129	0,3170503	0,4654365	0	1
EARLY(t-1)	2129	1058,361	483,8895	350	1854
EARLY(t-2)	2129	1000,53	510,5895	93	1854
EARLY(t-3)	2129	967,2532	584,846	93	1854
GDPGROWTH	2129	1,696101	1,731831	-3	4
COAL	2129	56,56643	5,943527	49,28	64,8
HYDRO	2129	52,91899	2,260456	49,05449	55,76
SOLAR	2129	271,5126	158,9803	79,38	621
WIND	2129	119,2412	62,33338	56,7	279
SUMFUNDRaised	2129	2662,235	941,8741	603	3601

Tableau 7: Statistiques descriptives pour les données de la portion investissement de capital au Canada (données transactionnelles)

Variable	Obs	Moyenne	Écart-type	Min	Max
INVESTEDCAPITAL	124	5,164121	6,417314	0,088	39,6
IPO(t-1)	124	119,0119	166,4907	0	481,804
S163	124	0	0	0	0
EARLY(t-1)	124	36,39069	27,13231	8,5578	107,8528
EARLY(t-2)	124	33,052	27,65161	8,5578	107,8528
EARLY(t-3)	124	26,01839	21,33525	0	61,194
GDPGROWTH	124	1,963184	1,667917	-2,711471	3,374254
COAL	124	58,62129	6,035868	51,52	68,8
HYDRO	124	50,42759	0,4512505	49,87678	51,38898
SOLAR	124	557,5629	257,7894	228,5325	1054,798
WIND	124	138,4065	50,05277	71,29129	231,8283
SUMFUNDRaised	124	255,1132	67,6695	141,96	358,46

Le tableau 8 et le tableau 9 présentent, respectivement, pour chaque pays, les corrélations entre les variables de la portion levée de capital. Les tableaux 10 et 11 présentent, respectivement, pour chaque pays, les corrélations entre les variables de la portion

investissement du capital pour les données agrégées. L'observation de cette mesure a pour but de s'assurer que l'on n'introduit pas de colinéarité dans le modèle, ceci référant au fait que deux variables ou plus d'une régression multivariée sont hautement corrélées. Cela peut entraîner des résultats imprécis, car on peut linéairement exprimer une variable en fonction d'une autre. Les p-value ont aussi été incluses afin d'exprimer si la relation linéaire entre les variables est significative ou non. Dans le cas présent, on admettra une relation significative à un seuil de 90%.

Considérant que nous favoriserons la logique et la significativité individuelle des indicateurs au lieu du degré d'explication du modèle pour proposer des recommandations sur ces indicateurs, les variables induisant trop de colinéarité seront éliminées.

Tableau 8: Corrélations entre les variables impactant la levée de capital (États-Unis)

	FUNDRAISED	TAX	GDPGROWTH	TBILLGROWTH	IPO(t-1)	IPO(t-2)	IPOBIO(t-1)	IPOIT(t-1)	CAPITALMANAGED
FUNDRAISED	1								
TAX	-0,1295	1							
GDPGROWTH	-0,2952*	0,3095*	1						
TBILLGROWTH	-0,2091	-0,1065	0,8219****	1					
IPO(t-1)	0,6881****	-0,1691	-0,0659	-0,0664	1				
IPO(t-2)	0,5276****	-0,0915	0,0628	0,0944	0,6972****	1			
IPOBIO(t-1)	0,1080	0,0158	-0,3598**	-0,3177**	0,0616	-0,0690	1		
IPOIT(t-1)	0,0104	0,7528****	0,2705*	-0,0302	-0,0981	-0,0981	-0,0641	1	
CAPITALMANAGED	0,7380****	-0,1841	-0,1622	-0,0498	0,6847****	0,5256****	0,0498	-0,1204	1

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Tableau 9: Corrélations entre les variables impactant la levée de capital (Canada)

	FUNDRAISED	TAX	GDPGROWTH	TBILLGROWTH	IPO(t-1)	IPO(t-2)	IPOBIO(t-1)	IPOIT(t-1)	CAPITALMANAGED
FUNDRAISED	1								
TAX	N/A	1							
GDPGROWTH	-0,0346	N/A	1						
TBILLGROWTH	0,2394	N/A	0,8411****	1					
IPO(t-1)	N/A	N/A	N/A	N/A	1				
IPO(t-2)	-0,0395	N/A	0,0221	-0,1765	N/A	1			
IPOBIO(t-1)	0,0198	N/A	0,5042	0,7223	N/A	-0,1667	1		
IPOIT(t-1)	-0,1633	N/A	-0,1068	-0,4922	N/A	0,4655	-0,3984	1	
CAPITALMANAGED	0,0926	N/A	0,1679	-0,0913	N/A	0,89248****	-0,0025	0,6373*	1

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

L'observation des corrélations nous indique que certaines des variables ont des corrélations élevées entre elles. Autant aux États-Unis qu'au Canada, la relation entre $TBILLGROWTH_t$ et $GDPGROWTH_t$ est très forte. Au niveau de la formation de capital aux États-Unis, les relations entre les variables explicatives $IPOIT_{t-1}$ et TAX_t , ainsi qu'entre IPO_{t-1} et IPO_{t-2} , sont supérieures ou égales à 70%. Ces observations font que nous choisirons d'éliminer IPO_{t-2} et $TBILLGROWTH_t$ de la régression à venir dans la méthodologie, car leur corrélation avec la variable dépendante est moins forte. Nous testerons aussi séparément l'effet de $IPOIT_{t-1}$ et TAX_t , car leur lien semble davantage

fortuit que réel. L'effet envisagé qu'aura ces variables est cependant faible, car leur corrélation avec la variable dépendante est très faible (13% et 1%). À ce sujet, on remarque aussi que la variable explicative $CAPITALMANAGED_t$ est corrélée à 74% avec notre variable dépendante, ce qui donne possiblement un indice des résultats à venir. Au Canada, les relations entre IPO_{t-2} et $CAPITALMANAGED_t$, ainsi qu'entre IPO_{t-1} et $TBILLGROWTH_t$, sont supérieures ou égales à 70% mais on ne s'y attardera pas, car le nombre d'observations ne permet pas de tirer de conclusions.

Tableau 10: Corrélations entre les variables impactant l'investissement du capital (États-Unis)

	INVESTEDCAPITAL	IPO(t-1)	S163	EARLY(t-1)	EARLY(t-2)	EARLY(t-3)	GDPGROWTH	COAL	HYDRO	SOLAR	WIND	SUMFUNDAISED
INVESTEDCAPITAL	1											
IPO(t-1)	0,3203	1										
S163	0,6544***	0,0857	1									
EARLY(t-1)	0,6573***	0,2458	0,1963	1								
EARLY(t-2)	0,3919	-0,3948	0,2122	0,4347	1							
EARLY(t-3)	0,5945**	-0,1484	0,7554***	0,2108	0,5917**	1						
GDPGROWTH	-0,3119	0,0336	0,0949	-0,7584***	-0,577*	-0,0783	1					
COAL	-0,2616	0,0809	0,0153	-0,3229	-0,1825	0,1505	0,5619**	1				
HYDRO	0,5830**	-0,1216	0,5167*	0,4053	0,7938***	0,8193***	-0,2035	0,2911	1			
SOLAR	-0,5968**	-0,0214	-0,4176	-0,4328	-0,7236***	0,8191***	0,234	-0,3092	-0,9547***	1		
WIND	-0,6556***	-0,0984	-0,3938	-0,5429*	-0,7452***	-0,7786***	0,3661	-0,2003	-0,9281***	0,9863***	1	
SUMFUNDAISED	0,8300***	0,093	0,5606**	0,8011***	0,6661***	0,6182**	-0,7043***	-0,4715*	0,6007**	-0,5943**	-0,6841***	1

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Tableau 11: Corrélations entre les variables impactant l'investissement du capital (Canada)

	INVESTEDCAPITAL	IPO(t-1)	S163	EARLY(t-1)	EARLY(t-2)	EARLY(t-3)	GDPGROWTH	COAL	HYDRO	SOLAR	WIND	SUMFUNDAISED
INVESTEDCAPITAL	1											
IPO(t-1)	-0,1906	1										
S163	N/A	N/A	1									
EARLY(t-1)	0,0216	-0,2132	N/A	1								
EARLY(t-2)	-0,0832	-0,0947	N/A	0,2481	1							
EARLY(t-3)	0,5103*	0,1999	N/A	0,2366	0,5270*	1						
GDPGROWTH	-0,053	0,2965	N/A	-0,4722*	-0,1878	0,2371	1					
COAL	0,1935	-0,5922**	N/A	0,2404	0,3813	0,4146	0,3185	1				
HYDRO	0,0238	-0,1634	N/A	0,6242**	0,8893***	0,5873**	-0,3257	0,4631*	1			
SOLAR	-0,3539	0,027	N/A	-0,6512***	-0,7132***	-0,7577***	0,283	-0,3433	-0,8484***	1		
WIND	-0,3429	0,0438	N/A	-0,6518***	-0,7272***	-0,7633***	0,268	-0,3735	-0,8619***	0,9993***	1	
SUMFUNDAISED	0,2077	0,4463	N/A	0,5340*	0,3536	0,4409	-0,4792*	-0,3048	0,5575**	-0,6327***	-0,6166**	1

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Au niveau de l'investissement du capital, les deux pays à l'étude ont des relations similaires quant au coût des énergies : on observe une corrélation positive presque parfaite entre $SOLAR_t$ et $WIND_t$, puis une corrélation négative du même type entre celles-ci et hydro. Ces corrélations supérieures à 90% sont très probablement dues aux hypothèses semblables ayant servi à la construction des variables. Il n'est probablement pas faux par contre d'admettre une forte corrélation entre ces variables en dehors des hypothèses faites, car les énergies renouvelables en quête d'efficacité ($SOLAR_t$ et $WIND_t$) subissent un avènement similaire au niveau des prix. La relation inverse qui est observée avec $HYDRO_t$ peut être due au fait que ce type d'énergie est plus classique et à maturité, et donc, moins en effervescence que les autres. Les indices $SOLAR_t$ et $WIND_t$ sont aussi corrélés négativement à plus de 70% avec $EARLY_{t-2}$ et $EARLY_{t-3}$, tandis qu' $HYDRO_t$ l'est positivement. Afin de contrer le problème de colinéarité, nous éliminerons les variables

WIND_t et HYDRO_t qui traduisent moins la réalité technologique des technologies propres. Les variables EARLY_{t-2} et EARLY_{t-3} seront également éliminées en raison des corrélations élevées. Dans les données américaines, en particulier, des relations positives fortes sont dénotées entre S163_t et EARLY_{t-3}, entre SUMFUNDRAISED et EARLY_{t-1}, ainsi qu'une négative entre GDPGROWTH_t et EARLY_{t-1}. Les impacts de SUMFUNDRAISED et GDPGROWTH_t versus ceux de EARLY_{t-1} seront testés séparément. On remarque aussi, sans surprise, que la variable explicative SUMFUNDRAISED est corrélée à 83% avec notre variable dépendante, ce qui donne possiblement un indice des résultats à venir. À ce sujet, les corrélations entre GDPGROWTH_t et INVESTEDCAPITAL_t, ainsi qu'entre COAL_t et le capital investi sont sensiblement plus faibles (31% et 26%) que les autres. On les exclura dans une des régressions.

À la lumière de ces affirmations, nous testerons différentes combinaisons de variables dans les régressions présentées dans la section suivante.

4. Méthodologie

i. Modèles économétriques

a. Levée de capital

Il a été mentionné dans la revue de littérature que Gompers et Lerner (1999) avaient utilisé le modèle d'Heckman en deux étapes, permettant de contourner le biais de sélection lorsqu'il y a censure ou troncature des données dans la population. Or, dans le cas actuel, tel qu'il avait été envisagé, la variable $FUNDRAISED_{it}$ n'est observée que si elle est supérieure à zéro et il est impossible d'avoir une estimation du nombre de zéros éventuels (décision de ne pas lever un fonds). La nature des valeurs indique donc qu'il ne sera pas possible de modéliser la décision (variable binaire), nécessaire à l'estimation du modèle d'Heckman. Ainsi, en éliminant la portion Probit du modèle, on ne conserve que la régression linéaire afin d'estimer l'impact des indicateurs sur la levée de capital. L'abandon du modèle d'Heckman pose un problème de sélection dans l'échantillon et nous obligera à poser des limitations à ce sujet par rapport aux résultats. L'utilisation d'estimateurs centrés est aussi impossible, car notre base de données rapporte les fonds levés, au lieu d'un suivi des firmes et de leurs fonds respectifs dans le temps.

a.1 Régression linéaire

L'idée derrière la modélisation des facteurs impactant la levée de capital est représentée dans les équations ci-dessous et est conséquente avec les observations tirées des corrélations entre les variables. Celle-ci sera estimée par moindres carrés ordinaires pour les données américaines et pour l'ensemble des fonds (américains et canadiens). Afin de tenir compte des fonds canadiens, une variable indicatrice est ajoutée à chaque équation.

Formation de capital par la firme

$$\begin{aligned} 1) & FUNDRAISED_{it} \\ & = \beta_0 + \beta_1 TAX_t + \beta_2 GDPGROWTH_t + \beta_3 TBILLGROWTH_t + \beta_4 IPO_{it-1} \\ & + \beta_5 IPOBIO_{t-1} + \beta_6 CAPITALMANAGED_{it-1} + \beta_7 DUMMYCAN + u_{it} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
2) & \text{FUNDRAISED}_{it} \\
& = \beta_0 + \beta_1 \text{GDPGROWTH}_t + \beta_2 \text{TBILLGROWTH}_t + \beta_3 \text{IPO}_{it-1} \\
& + \beta_4 \text{IPOBIO}_{t-1} + \beta_5 \text{IPOIT}_{t-1} + \beta_6 \text{CAPITALMANAGED}_{it-1} \\
& + \beta_7 \text{DUMMYCAN} + u_{it}
\end{aligned}$$

Rappelons que les variables signifient:

- TAX_t : Imposition des gains en capital au temps t
- GDPGROWTH_t : Croissance du produit intérieur brut par habitant au temps t
- TBILLGROWTH_t : Croissance du rendement moyen par an des Bons du Trésor au temps t
- IPO_{it-1} : Appels publics à l'épargne faits par la firme au temps t-1 (en millions de dollars)
- IPOBIO_{t-1} et IPOIT_{t-1} : Appels publics à l'épargne au temps t-1 pour les biotechnologies et les technologies de l'information (en millions de dollars)
- $\text{CAPITALMANAGED}_{it}$: Fonds gérés par la firme à t-1 (en millions de dollars)
- DUMMYCAN : Prends la valeur 1 si le fonds est canadien, 0 autrement

On pose l'hypothèse que les variables suivent un modèle linéaire simple. La méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) consiste à solutionner le problème de minimisation indiqué par l'équation suivante :

Il est possible de solutionner, tel que

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$$

Il est nécessaire que les hypothèses d'identification, d'interprétation, d'inférence et de distribution soient respectées afin de pouvoir utiliser le théorème de Gauss-Markov¹. Celui-ci assure que l'estimateur obtenu par MCO est l'estimateur linéaire non biaisé à variance minimale. Ces hypothèses sont :

1. Identification : Les colonnes de la matrice X sont linéairement indépendantes;

2. Interprétation : L'espérance du terme d'erreur étant donné X est nulle ; aussi appelé exogénéité stricte;

3. Inférence : $E[\varepsilon_i^2 X'X] = \sigma^2 E[X'X]$ où $\sigma^2 = E[\varepsilon_i^2]$;

4. Distribution : $y_i \sim N(X_i\beta, \sigma^2)$

L'hypothèse d'inférence permet l'utilisation du théorème central limite. L'hypothèse de distribution, proposant l'homoscédasticité, est nécessaire pour avoir l'estimateur à variance minimale. Cependant, l'estimateur demeure quand même non-biaisé en omettant cette hypothèse.

La méthode des moindres carrés ordinaires pouvant être sensible aux données aberrantes (extrêmes), une méthode robuste sera employée pour tester les équations dans tous les cas.

b. Investissement du capital

La seconde partie, relative au capital investi, au lieu d'être axée sur la firme et le fonds en particulier, prendra une approche axée sur la totalité du secteur étant donné que l'on cherche à étudier la tendance globale. Les données agrégées seront utilisées. Étant donné que la nature des données change, comparativement à la première partie, l'incapacité d'utiliser le modèle d'Heckman en deux étapes ne pose pas de problème. Une régression linéaire sera utilisée pour évaluer les paramètres. De plus, afin de contrer le problème posé par le peu de données lors de l'agrégation, une régression sera effectuée avec chaque opération d'investissement par capital de risque en technologies propres comme variable dépendante. L'analyse qualitative du profil des investissements des différents fonds sera faite ultérieurement.

b.1 Régression linéaire sur données panel

Les équations suivantes seront estimées en suivant la même méthodologie employée au point a.1. L'idée derrière la modélisation des facteurs impactant l'investissement du capital est représentée dans les équations ci-dessous et est conséquente avec les observations tirées

des corrélations entre les variables. Les données utilisées afin de réaliser le panel seront les données agrégées par pays et par an.

Investissement du capital (CAN, US)

$$\begin{aligned}
 3) \text{INVESTEDCAPITAL}_t & \\
 &= \alpha_0 + \alpha_1 \text{IPO}_{t-1} + \alpha_2 \text{S163}_t + \alpha_3 \text{GDPGROWTH}_t + \alpha_4 \text{COAL}_t \\
 &+ \alpha_5 \text{SOLAR}_t + \alpha_6 \sum_{t-5}^t \text{FUNDRAISED}_{it} + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4) \text{CAPITALINVESTED}_t & \\
 &= \alpha_0 + \alpha_1 \text{IPO}_{t-1} + \alpha_2 \text{S163}_t + \alpha_3 \text{EARLY}_{t-1} + \alpha_4 \text{COAL}_t + \alpha_5 \text{SOLAR}_t \\
 &+ \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5) \text{CAPITALINVESTED}_t & \\
 &= \alpha_0 + \alpha_1 \text{IPO}_{t-1} + \alpha_2 \text{S163}_t + \alpha_3 \text{SOLAR}_t + \alpha_4 \sum_{t-5}^t \text{FUNDRAISED}_{it} + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

Rappelons que les variables signifient :

- IPO_{t-1} : Appels publics à l'épargne faits sur le marché des technologies propres au temps t-1 (le marché de l'innovation étant en constant bouleversement, on ne considère que la dernière année, exprimé en millions de dollars)
- S163_t : Présence du programme fiscal incitatif américain S163 (rappelons que les programmes ITC, PTC et MACRS, ainsi que les programmes canadiens C431, C432 et CRCE n'ont pas été retenus)
- EARLY_{t-1} : Investissements faits en technologies propres à un stage inférieur au temps t-1 (en millions de dollars)
- GDPGROWTH_t : Croissance du produit intérieur brut par habitant au temps t
- COAL_t et SOLAR_t : Coût uniformisé de l'énergie au temps t

b.2 Régression linéaire sur transactions

Les équations précédentes seront estimées de la même façon qu'au point a.1 mais la variable dépendante sera remplacée par $INVESTEDCAPITAL_{xt}$.

b.3 Estimateurs centrés

Finalement, on estimera à nouveau la régression en panel en incluant des estimateurs centrés (*within*) afin de contrer les effets fixes entre les sections. L'idée derrière cela est que des facteurs pouvant influencer la variable dépendante sont invariables dans le temps. Cela permet aussi de tester l'effet dans la variation de nos variables. Si cette hypothèse est acceptée, l'utilisation de la régression avec estimateurs centrés est un outil puissant afin de contourner le biais pouvant être introduit par des variables omises ($E(\varepsilon_i|X) \neq 0$).

Soit un modèle :

$$y_{it} = x_{it}\beta + u_i + v_{it}, t = 1, \dots, T$$

Définissons :

$$\bar{y}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_{it}, \bar{x}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x_{it}, \bar{\varepsilon}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \varepsilon_{it},$$

Alors, $\widehat{\beta}_C$ est défini comme étant l'estimateur des MCO appliqué au modèle :

$$y_{it} - \bar{y}_i = (x_{it} - \bar{x}_i)\beta + (\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i)$$

$$y_{it} - \bar{y}_i = (x_{it} - \bar{x}_i)\beta + (v_{it} - \bar{v}_i)$$

Ainsi, le terme d'erreur propre aux caractéristiques de la firme est éliminé. $\widehat{\beta}_C$ est un estimateur sans biais de β si $E(x_{it} - \bar{x}_i)(v_{it} - \bar{v}_i) = 0$.

ii. Analyse descriptive

a. Analyse de l'investissement

Afin de comprendre davantage l'investissement en technologies propres, nous étudierons de manière descriptive le type d'investissement (secteur et stage) ainsi que le montant déboursé. La comptabilisation de chaque investissement dans notre échantillon permettra de présenter sous forme de graphique les variables $INVESTEDCAPITAL_{xt}$ et $STAGE_t$. Le montant moyen investi ainsi que la contribution de chaque stage d'investissement au total d'opérations et montant total investi seront observés pour chaque période. Leurs statistiques descriptives seront également étudiées.

b. Comparaison aux technologies de l'information

Tel que proposé par Fugere et Kachan (2013), nous superposerons les courbes d'investissement en technologies propres et technologies de l'information afin d'observer leur ajustement. Les données utilisées pour dresser la courbe des technologies de l'information seront comprises entre 1995 et 2004, période de dix ans démarrant au début de l'essor de l'internet afin de capturer le même *hype cycle model* de Gartner. Un bon ajustement des courbes permettrait de dénoter un cycle qui se répète dans l'avènement des innovations.

De plus, afin d'observer les variations de pourcentage entre les secteurs des technologies propres, des biotechnologies et des technologies de l'information, on utilisera un graphique à bandes. Cela a pour but de vérifier comment les différentes industries ont été touchées dans leurs investissements au cours des dernières années. De cette manière, si on peut avoir observé une décroissance depuis 2012, il serait souhaitable d'évaluer si cette tendance a aussi été remarquée dans d'autres secteurs porteurs du capital de risque.

iii) Résultats attendus

Le tableau 5 présente les résultats espérés en fonction des conclusions des auteurs étudiés dans la revue de littérature. Rappelons qu'au niveau de la levée de capital :

- Plus l'imposition du gain en capital est élevée, plus il y aurait d'entrepreneurs sur le marché et plus de capital serait disponible en fonction de la dynamique d'offre et de demande de Gompers et Lerner (1999);
- Plus la croissance du PIB est élevée, plus l'économie serait en santé et plus le capital disponible serait important;
- Plus le rendement des Bons du Trésor est haut, plus les investisseurs vont se tourner vers des investissements alternatifs au capital de risque et moins il y aura de capital disponible;
- Plus d'appels publics à l'épargne ont été faits (mesure de performance de la firme), plus les investisseurs seraient intéressés à fournir du capital à la firme;
- Plus d'appels publics à l'épargne ont été faits dans les secteurs des technologies de l'information et des biotechnologies, moins les investisseurs seraient intéressés à fournir du capital au secteur;
- Plus la firme gère des fonds (mesure de réputation), plus les investisseurs seraient intéressés à fournir du capital à la firme.

Puis, au niveau de l'investissement du capital :

- Plus d'appels publics à l'épargne ont été faits dans les secteurs, plus l'investissement total en technologies propres va être encouragé;
- La présence d'incitatifs fiscaux à l'investissement en technologies propres encourage l'investissement total dans le secteur;
- Plus il y a eu d'investissements faits dans des stages inférieurs, plus il y aura de projets en expansion intéressants sur le marché dans les années subséquentes et plus l'investissement total en technologies propres va être encouragé;
- Plus la croissance du PIB est élevée, plus l'économie serait en santé et plus le capital disponible serait important;

- Plus de fonds ont été levés dans les cinq années précédentes, plus il y a de fonds disponibles à être investis, ainsi l'investissement total en technologies propres va être encouragé.

Il a été omis de généraliser les conclusions sur le coût uniformisé de l'énergie, car il pourrait influencer l'investissement en technologies propres de deux façons. Tout d'abord, il est clair qu'une augmentation du coût des énergies traditionnelles (charbon) encourage à se tourner vers d'autres sources d'énergies. Cependant, au niveau des énergies renouvelables, d'un côté, une diminution des coûts entraîne un effort en capital moins important, donc pourrait diminuer l'investissement total (effet négatif). Puis, d'un autre côté, plus les coûts sont bas, plus le potentiel d'adoption de l'énergie et de profits est grand et plus de firmes seraient possiblement tentées de faire un investissement (effet positif). L'investissement serait aussi plus «abordable» en ce sens. Au bout du compte, cela dépend beaucoup du marché pour lequel l'énergie est étudiée. L'effet attendu est ambigu.

Tableau 12: Résultats attendus

Levée de capital		Investissement du capital	
Sigle de la variable	Impact	Sigle de la variable	Impact
TAX _t	Positif	IPO _{t-1}	Positif
GDPGROWTH _t	Positif	S163 _t	Positif
TBILLGROWTH _t	Négatif	EARLY _{t-1}	Positif
IPO _{it-1}	Positif	GDPGROWTH _t	Positif
IPO _{it-2}	Positif	SOLAR _t	Positif/Négatif
IPOIT _{t-1}	Négatif	COAL _t	Positif
CAPITALMANAGED _{it-1}	Positif	SUMFUNDRAISED _{it}	Positif

5. Résultats

i. Modèles économétriques

a. Levée de capital

a.1 Régression linéaire

L'évaluation du modèle économétrique fut conduite sur les données américaines et l'ensemble des données (américaines et canadiennes). Les régressions sur les données américaines seulement sont présentées en Annexe.

Tableau 13
Régression linéaire sur les variables impactant la levée de capital aux Etats-
Unis et au Canada

Variable dépendante:	Équation 1	Équation 2
FUNDRAISED		
TAX	616,5734	
	980,3961	
GDPGROWTH	-16,249*	-1743778**
	10,1972	9,777115
IPO(t-1)	0,5985866***	0,5974693***
	0,2529398	0,2459944
IPOBIO(t-1)	-0,0007241	0,0006971
	0,0265875	0,0257403
IPOIT(t-1)		0,005732*
		0,004162
CAPITALMANAGED	0,076311****	0,0767916****
	0,0250521	0,0244188
DUMMYCAN	-28,46429	-19,43694
	57,33816	56,32459
Constante	22,25222	103,5749***
	155,2574	50,00799
Adj R-squared	0,588	0,6081
Obs	36	36

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Notes: FUNDRAISED est le montant du fonds levé au courant d'une année donnée pour une firme, en millions de dollars ('000 000\$). TAX est le taux maximum d'imposition du gain en capital en vigueur durant l'année donnée. GDPGROWTH est la croissance du PIB par habitant en dollars pour une année donnée. IPO(t-1) est la valeur totale en millions de dollars ('000 000\$) des IPOs effectuées par une firme pour l'année précédente. IPOBIO(t-1) est la valeur totale en millions de dollars ('000 000\$) des IPOs effectuées en biotechnologies sur le marché pour l'année précédente. IPOIT(t-1) est la valeur totale en millions de dollars ('000 000\$) des IPOs effectuées en technologies de l'information sur le marché pour l'année précédente. CAPITALMANAGED est le montant en millions de dollars ('000 000\$) sous gestion par une firme donnée pour l'année précédente. DUMMYCAN est une variable indicatrice prenant la valeur 1 si le fonds est canadien.

L'observation des régressions pratiquées sur les fonds américains et l'ensemble des fonds (américains et canadiens) nous indiquent que la réputation de la firme captée par le capital sous gestion est significative à 99%. Son coefficient suggère que pour chaque dollar sous gestion, une firme peut amasser environ sept sous de capital. L'emploi de la méthode robuste, présenté en Annexe, suggère quant à elle que cette variable induirait un effet de treize sous levés pour un dollar sous gestion. Les appels publics à l'épargne effectués à t-1 sont aussi significatifs, à 95%. Ainsi, un dollar d'IPO fait par la firme entraînerait 60 sous de capital formé dans une levée de fonds l'an suivant. À un seuil de signification plus bas, disons 80% à 90%, le PIB serait significatif également. Son impact est cependant contre-

intuitif. Il est tel que 1% d'augmentation de la croissance du PIB entraîne entre 14 et 16 millions de baisse dans la levée d'un fonds. Au Canada, cela est en accord avec l'implication gouvernementale dans l'essor des technologies propres. En effet, le gouvernement tend à injecter beaucoup de capital dans les fonds de capital de risque lorsqu'il y a manque à gagner, qui concorde souvent avec des moments où l'économie est moins favorable. L'article de Jeng et Wells (1998), bien qu'étudiant l'investissement, abondait aussi en ce sens au niveau américain. Sans investir directement dans les fonds, il est aussi possible qu'en temps de crise le gouvernement mette en place des mesures encourageant l'investissement dans le secteur et favorise ainsi la levée de fonds. Une autre hypothèse possible est que l'investissement dans des fonds de capital de risque est considéré comme un investissement alternatif en opposition aux véhicules d'investissements classiques lorsque l'économie est moins favorable. D'un autre côté, la levée d'un fonds s'étalant sur un à deux ans avant l'annonce officielle, les conditions peuvent changer rapidement et avoir un impact ultimement incertain sur l'esprit de l'investisseur et donc l'ampleur du fonds levé. Les conclusions à ce sujet ne seront donc pas généralisées. Notons aussi qu'un biais relatif à l'omission de la variable TBILL a pu être introduit et faussé le résultat obtenu. Finalement, l'équation 2 incluant les IPO faites en technologies de l'information, nous indique qu'à un seuil de 80%, celles-ci ne cannibalisent pas les fonds levés dans le secteur des technologies propres, car elles ont un impact faible, mais positif sur la variable dépendante. Nous pensons que ce résultat est le fruit de deux tendances qui s'annulent. Un marché d'IPO global est certainement une bonne chose pour tous les secteurs innovants, mais il est évident qu'un secteur démontrant plus de performance va attirer plus de capital en bout de ligne. Les deux modèles sont, d'autre part, assez explicatifs. Leur degré d'explication se situe entre 60% et 62%.

Ceci est en accord avec la littérature de Gompers et Lerner (1999), qui avaient trouvé que les IPO effectuées et le capital sous gestion par la firme constituaient des mesures de performance et de réputation qui expliquaient l'ampleur de la formation de capital. Au contraire de ces auteurs, toutefois, notre régression ne prête pas de significativité à l'imposition du gain en capital. Cela est peut-être dû au peu de variation observée à l'intérieur de celle-ci dans notre période.

b. Investissement du capital

b.1 Régression linéaire sur données panel

Tableau 14

Régression linéaire en panel sur les variables impactant l'investissement de capital aux États-Unis et au Canada

Variable dépendante:	Équation 3	Équation 4	Équation 5
INVESTED CAPITAL			
IPO(t-1)	0,6473184*	0,7294172*	0,8685067***
	0,4860437	0,5510937	0,4397021
S163	337,5908	1470,324****	590,4166*
	443,059	447,1135	413,643
GDP	94,18562		
	79,73		
EARLY(t-1)		1,454601****	
		0,3070757	
COAL	6,239107	-11,16781	
	24,19746	23,41423	
SOLAR	-0,1394629	-0,5372869	-0,1779491
	0,5916246	0,6271668	0,4848445
SUMFUNDRAISED	0,9320765****		0,8140885****
	0,14631		0,121548
Constante	-692,7568	1012,978	-79,40319
	1606,307	1573,975	322,7086
Adj R-squared	0,8999	0,8516	0,8978
Adj R-squared (en excluant S163)	0,9029	0,7545	0,8912
Obs	20	20	20

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Notes: CAPITALINVESTED est le montant total investi en millions de dollars ('000 000\$) en technologies propres pour une l'année donnée par pays. IPO(t-1) est le montant total d'IPO effectuées sur le marché en millions de dollars ('000 000\$) dans l'année précédente par pays. S163 est une variable indicatrice prenant la valeur 1 si le programme s163 était en vigueur durant l'année par pays. GDPGROWTH est la croissance du PIB par habitant en dollars pour une année donnée. EARLY(t-1) est le montant total investi en millions de dollars ('000 000\$) en technologies propres à un stage inférieur sur le marché dans l'année précédente par pays. COAL est la mesure LCOE du charbon en dollars pour l'année donnée par pays. SOLAR est la mesure LCOE de l'énergie solaire pour l'année donnée par pays. SUMFUNDRAISED est la somme totale des fonds levés en millions de dollars ('000 000\$) pour les cinq dernières années par pays.

Les trois équations à l'étude s'entrecoupent sur les plus importants indicateurs de l'ampleur de l'investissement en technologies propres. Tout d'abord, les appels publics à l'épargne faits sur le marché dans l'année précédente sont significatifs à un seuil d'un peu moins de 80% et 95%, respectivement, dans les équations 3 et 5. Leurs coefficients estimés qu'entre 65 et 87 sous peuvent être tirés en investissement en technologies propres pour chaque

dollar d'IPO effectuées. Les fonds levés dans les cinq années précédentes représentent un indicateur, sans surprise, significatif à 99% dans les équations 3 et 5. Cette variable était absente de l'équation 4 en raison de la forte corrélation que celle-ci a avec $EARLY_{t-1}$. Pour chaque dollar de capital levé, entre 81 et 93 sous vont être investis dans l'industrie. Cela est tout à fait en accord avec la réalité qui est que ce ne sont pas tous les fonds qui sont investis, même si en bout de ligne cela est l'objectif. Cela dépend de la disponibilité d'investissements intéressants pour la firme. De plus, les fonds facturent aussi des frais de gestions divers qui sont payés à même le capital levé. Cette analyse nous permet de voir que les résultats communiqués par la régression robustes font peu de sens, car le coefficient de la variable $SUMFUNDRAISED$ est au dessus de 1 (1,03). La variable représentant les investissements faits dans les compagnies en démarrage est tout aussi significative dans l'équation 4 et indique que pour chaque dollar investi dans ces compagnies moins évoluées, 1.45\$ va être investi globalement l'an suivant (1,69\$ dans la régression robuste). C'est, encore une fois, tout à fait ce qui est observable en terme de stratégie quant à l'avènement de l'innovation. Beaucoup de petits montants sont investis dans des compagnies en démarrage afin de les aider à se développer et devenir des entreprises de plus grande envergure à financer dans l'avenir. Notons cependant qu'il est peu probable que l'effet se limite seulement à l'investissement fait dans les compagnies en démarrage dans la dernière année. En effet, le cycle d'évolution des technologies propres est assez long ce qui fait que les investissements faits possiblement jusqu'à 3 ans en arrière sont pertinents. Finalement, l'incitatif gouvernemental à l'investissement étudié, le §1603 Program, est significatif à 99% dans l'équation 4 et à 80% dans l'équation 5. Son effet est estimé comme ayant permis d'ajouter entre 590 et 1470 millions par an lorsqu'il était en vigueur. Le degré d'explication du modèle est très élevé : entre 85% et 90%.

Lorsqu'on retire la variable $S163$ représentant les incitatifs gouvernementaux, le degré d'explication du modèle reste globalement le même, excepté pour l'équation 4, où il descend à 75%.

Ces conclusions sont en accord avec celles de Jeng et Wells (1998) qui avaient identifié les IPO et les incitatifs gouvernementaux comme les indicateurs les plus importants de l'investissement par voie de capital de risque. De plus, l'impact qu'ont les investissements faits en stages inférieurs est conséquent avec les idées de Victor et Yanosek (2011) qui admettaient l'importance d'investir dans les projets en développement.

Nous avons aussi abordé la possibilité que la relation causale au sens de Granger entre IPO_{t-1} et $INVESTCAP_t$ soit inverse. La causalité au sens de Granger implique que si une variable cause une autre variable, alors obligatoirement les deux variables doivent être corrélées. Inversement, il ne suffit pas que deux variables soient corrélées, pour qu'il ait causalité. Cependant, la régression inverse ($IPO_t = \beta_1 INVESTEDCAP_{t-1} + \varepsilon_t$) n'était pas significative et d'un ordre très faible, ce qui vient appuyer les propos de Jeng et Wells. La corrélation entre les deux était aussi petite et non significative. Ces preuves sont présentées en annexe.

b.2 Régression linéaire sur transactions

Tableau 15

Régression linéaire sur les variables impactant l'investissement de capital aux États-Unis et au Canada en terme de transactions

Variable dépendante:	Équation 3	Équation 4	Équation 5
INVESTED CAPITAL			
IPO(t-1)	0,0020916	0,0028247*	0,0017285
	0,0018936	0,0018872	0,0015828
S163	-3,701301	-0,3237699	-2,06069**
	2,010289**	1,062148	1,197563
GDP	0,74319973**		
	0,4315747		
EARLY(t-1)		0,001116	
		0,0011505	
COAL	-0,1666856	-0,2890068****	
	0,1516882	0,0939529	
SOLAR	-0,0011013	-0,0049566*	0,0026363
	0,0051282	0,0035863	0,0029045
SUMFUNDRAISED	0,0024408**		0,0021939****
	0,0013677		0,000557
Constante	13,12084	26,15135****	4,165503***
	12,24197	6,429987	1,934931
Adj R-squared	0,0083	0,0075	0,0067
Obs	2253	2253	2253

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Notes: CAPITALINVESTED est le montant investi en millions de dollars ('000 000\$) pour chaque opération effectuée en technologies propres pour une l'année donnée par pays. IPO(t-1) est le montant total d'IPO effectuées sur le marché en millions de dollars ('000 000\$) dans l'année précédente par pays. S163 est une variable indicatrice prenant la valeur 1 si le programme s163 était en vigueur durant l'année par pays. GDPGROWTH est la croissance du PIB par habitant en dollars pour une année donnée. EARLY(t-1) est le montant total investi en millions de dollars ('000 000\$) en technologies propres à un stage inférieur sur le marché dans l'année précédente par pays. COAL est la mesure LCOE du charbon en dollars pour l'année donnée par pays. SOLAR est la mesure LCOE de l'énergie solaire pour l'année donnée par pays. SUMFUNDRAISED est la somme totale des fonds levés en millions de dollars ('000 000\$) pour les cinq dernières années par pays.

Les résultats qui sont tirés en analysant les mêmes équations mais en tentant d'expliquer l'ampleur d'une opération individuelle, sont en majeure partie semblables. Les résultats robustes présentés en Annexe vont aussi dans le même sens.

Les IPO faits sur le marché dans l'an précédent sont significatifs à un seuil de 85% et uniquement pour l'équation 4. Leur impact serait positif, mais très faible : autour de 0.2

sous pour chaque dollar d'IPO. Cela n'est pas surprenant, car on se ramène à un niveau micro lorsqu'on parle de la transaction elle-même. Ainsi, un million de dollars d'appels publics à l'épargne, pourrait entraîner autour de 2000\$ de plus de financement pour une compagnie, de manière très générale. L'incitatif §1603 Program est encore une fois significatif (à 90%) pour les équations 3 et 5. Son effet est cependant contraire aux résultats précédents. Son existence entraînerait une diminution d'entre 330,000\$ et 2M\$ dans la transaction. Cela peut paraître contre-intuitif, toutefois rappelons que le programme fiscal visait les mises en chantiers de projets d'envergure et que ce ne sont vraiment pas tous les projets de technologies propres qui remplissent ces critères. Ainsi, même si globalement l'effet de la politique est très positif, il peut être négatif pour les plus petits projets qui ne sont pas assez importants pour que la firme de capital de risque s'y intéresse, celle-ci souhaitant bénéficier au maximum du programme de remboursement. Ensuite, l'impact de la somme des fonds levés demeure significatif pour les équations 3 et 5, à 90% et 99%, respectivement. Son effet est encore une fois minimisé, car rappelons le, cette régression se positionne au niveau transactionnel. Ces régressions manifestent aussi des effets non répertoriés dans celles effectuées en panel précédemment. Effectivement, l'équation 3 indique qu'une augmentation de 1% de la croissance du PIB entraînerait une augmentation de 700 000\$ dans l'opération d'investissement. Il est tout à fait possible qu'une économie en santé ait pour conséquences des investissements plus optimistes dans les compagnies œuvrant en technologies propres. Finalement, le LCOE du charbon et de l'énergie solaire se révèlent significatifs à 90% et 80% dans l'équation 4. L'impact du coût de l'énergie solaire est négatif: moins la technologie coûte cher, plus l'investissement est important, ce qui est caractéristique de cette énergie. Effectivement, un coût réduit permet des marges de profits plus importantes et où il y a plus de gains potentiels, il y a plus de capital disponible. Ces résultats sont en accord avec les propos du CEO de BNEF, Michael Liebreich, par opposition à ceux d'Hargadon et Kenney (2011). Par contre, l'effet du coût du charbon fait très peu de sens. Il est aussi négatif ce qui voudrait dire qu'une diminution de son coût serait positive pour les investissements faits dans les technologies propres. Pour chaque dollar de diminution dans le coût du charbon, 20 000\$ de plus serait ajoutés à une opération effectuée dans notre secteur (10 000\$ en tenant compte des résultats robustes). Nous émettons de très forts doutes sur la validité de ce résultat.

b.3 Estimateurs centrés

Tableau 16
Régression linéaire en panel sur les variables impactant l'investissement de capital aux États-Unis et au Canada avec effets fixes

Variable dépendante:	Équation 3	Équation 4	Équation 5
INVESTED CAPITAL			
IPO(t-1)	0,6054856	0,4208033	0,67528*
	0,5055622	0,5150697	0,453684
S163	477,1257	1444,574****	743,4653**
	522,3268	400,8127	420,9034
GDP	70,65375		
	92,61465		
EARLY(t-1)		1,030708****	
		0,3408795	
COAL	5,396311	-13,13166	
	24,92628	21,00093	
SOLAR	-0,1287907	-0,4303364	-0,1573367
	0,6085882	0,5642477	0,4741013
SUMFUNDRAISED	0,8274374****		0,6639709****
	0,243644		0,1653136
Constante	-473,0018	1376,738	143,4764
	1699,855	1420,858	358,6125
R-squared within	0,7918	0,7461	0,7761
R-squared between	1	1	1
R-squared overall	0,9305	0,8824	0,9166
Nombre de groupes	2	2	2
Obs par groupe	10	10	10

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

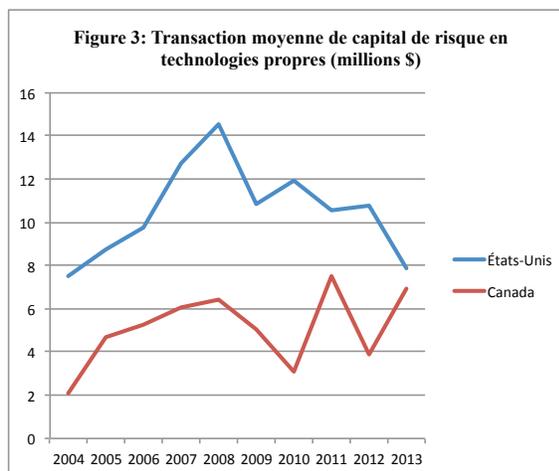
Notes: CAPITALINVESTED est le montant total investi en millions de dollars ('000 000\$) en technologies propres pour une l'année donnée par pays. IPO(t-1) est le montant total d'IPO effectuées sur le marché en millions de dollars ('000 000\$) dans l'année précédente par pays. S163 est une variable indicatrice prenant la valeur 1 si le programme s163 était en vigueur durant l'année par pays. GDPGROWTH est la croissance du PIB par habitant en dollars pour une année donnée. EARLY(t-1) est le montant total investi en millions de dollars ('000 000\$) en technologies propres à un stage inférieur sur le marché dans l'année précédente par pays. COAL est la mesure LCOE du charbon en dollars pour l'année donnée par pays. SOLAR est la mesure LCOE de l'énergie solaire pour l'année donnée par pays. SUMFUNDRAISED est la somme totale des fonds levés en millions de dollars ('000 000\$) pour les cinq dernières années par pays.

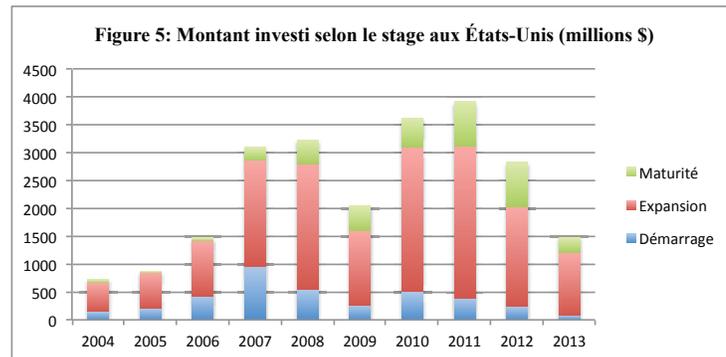
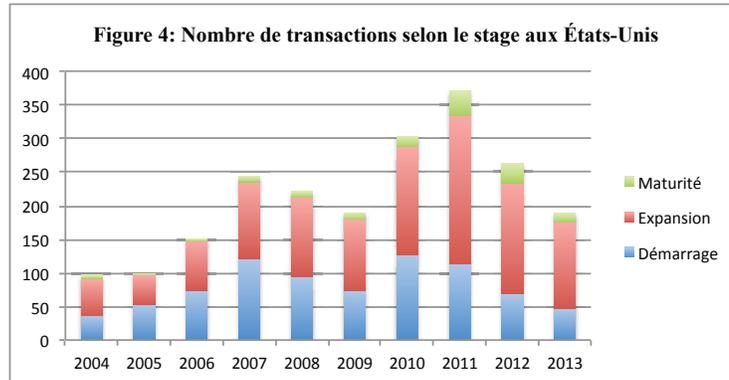
Pour terminer, les résultats induits par les régressions contrôlées pour les effets fixes dans le temps donnent des résultats allant dans le même sens que ceux sans effets fixes, mais dans une importance moindre. Rappelons qu'ils éliminent l'effet fixe relatif au pays concerné et ainsi, théoriquement, une source d'endogénéité, si on accepte l'hypothèse que l'endogénéité est due entièrement à des variables omises relatives au pays. Les résultats robustes abondent dans le même sens.

La somme des fonds levés dans les cinq dernières années est significative à 90% dans l'équation 3 et à 99% dans l'équation 5. Son impact est légèrement moindre qu'en b.1, car ici il est indiqué qu'entre 66 et 83 sous par dollar levé seront investis. L'effet de $EARLY_{t-1}$, testé dans l'équation 4, réitère son importance (à un seuil de 99%), mais diminue sa portée. Chaque dollar investi dans des entreprises en démarrage dans l'an précédent aurait pour impact que 1.03\$ soit investi en technologies propres. Cela ne représente qu'un effet de 3%. Une variation autour de la moyenne de l'apport aux entreprises en développement n'aurait donc pas un impact très grand. On pourrait donc en conclure qu'il est important de garder un effet constant sur cette variable afin d'en récolter les bienfaits. Ensuite, les incitatifs gouvernementaux sont significatifs à 99% dans l'équation 4 et à 90% dans l'équation 5. Leur existence permettrait à des montants variant entre 743M\$ et 1444M\$ d'être investis dans les technologies propres. Finalement, les IPO, à un seuil de 80%, aurait un impact positif de 68 sous d'investissements pour chaque dollar d'appels publics à l'épargne effectués. C'est très similaire à la situation en b.1.

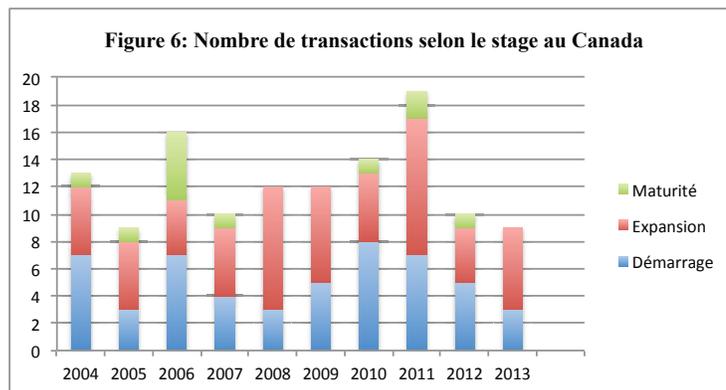
ii. Analyse descriptive

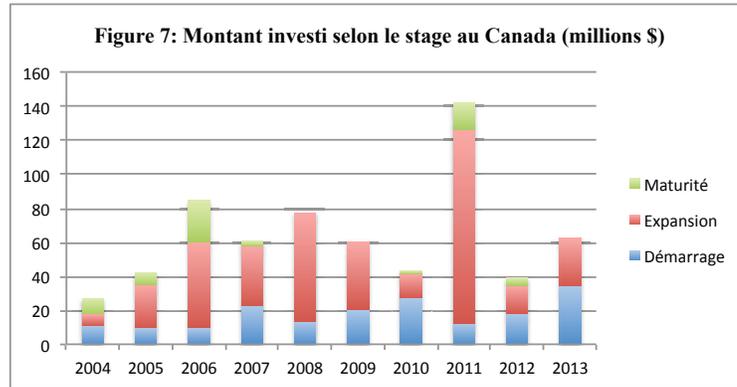
a. Analyse de l'investissement



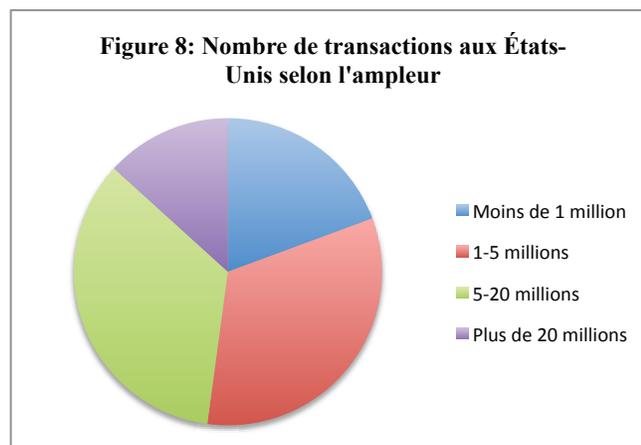


L'étude du profil de l'opération d'investissement moyenne aux États-Unis nous indique que le montant moyen investi par opération tend à décroître de manière importante. Le nombre d'opérations effectuées est aussi en ralentissement. Ces observations sont particulièrement vraies pour les entreprises en démarrage et à maturité qui raflent de moins en moins d'argent, de moins en moins souvent.

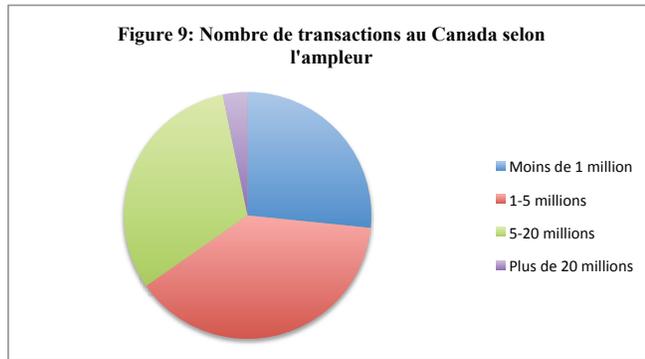




Au Canada, les conclusions sont différentes. Les montants investis semblent globalement varier autour d'une moyenne assez constante. Le montant moyen semble aussi vouloir aller rejoindre la moyenne américaine. Les transactions en démarrage, bien que subissant une baisse au niveau du nombre, reçoivent des montants supérieurs dernièrement. Les transactions faites à maturité, elles, sont grandement sous-représentées. Il faut cependant mettre les choses en perspective. Rappelons que les données à l'étude dans ce mémoire sont assujetties aux critères de BNEF et que les transactions faites au Canada sont très peu nombreuses. Ainsi, une opération d'envergure peut avoir un impact immense sur ces résultats. Une opération manquante, car non considérée par BNEF, peut aussi avoir des conséquences dramatiques, tel Enerkem (50M\$ en 2013) ici non incluse.



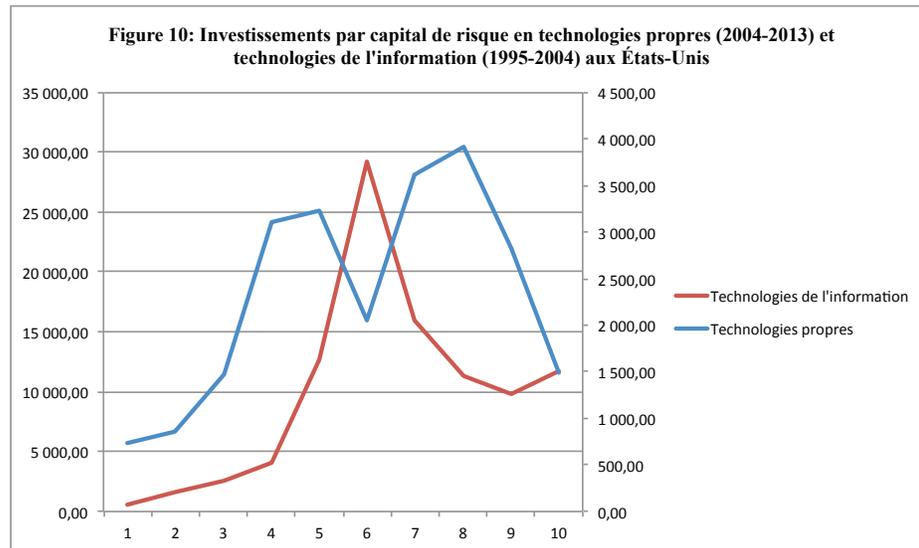
En termes absolus, aux États-Unis les transactions étant les plus représentées sont celles faites dans les tranches de 1 à 5 millions et 5 à 20 millions.



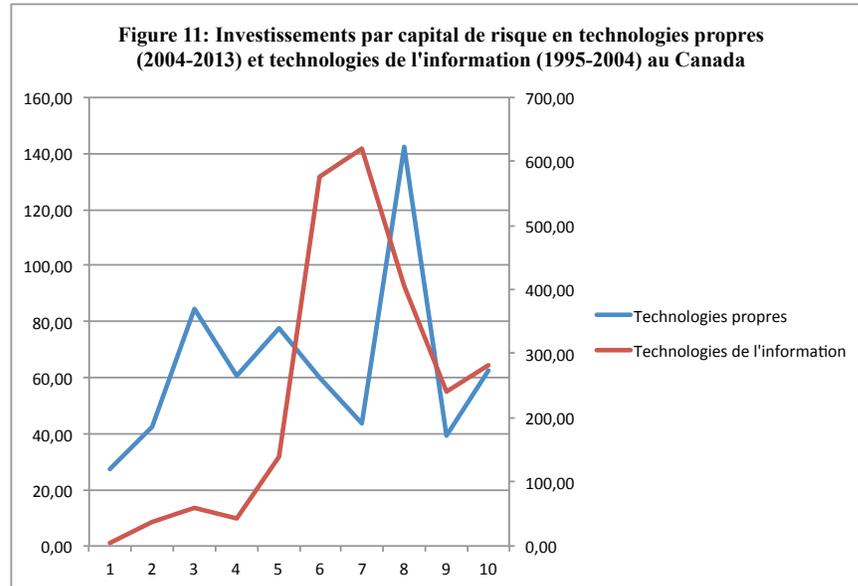
Au Canada, les transactions étant les plus représentées sont les mêmes que les États-Unis. Cependant, les opérations de plus de 20 millions de dollars se font très rares. Le marché étant beaucoup plus petit, cela n'est pas surprenant. Les technologies propres sont un secteur beaucoup plus jeune au Canada et moins connu des investisseurs.

En somme, l'analyse descriptive de l'investissement nous indique, surtout au niveau américain, que celui-ci connaît bel et bien un déclin, tant dans le nombre d'opérations, que dans les montants. Même si chaque étape de développement d'une technologie est importante et que la période d'expansion est celle qui doit capter le plus de capital, la baisse des transactions à l'étape de démarrage sont un indicateur inquiétant.

b. Comparaison aux technologies de l'information



La superposition de la courbe d'évolution de l'investissement en technologies de l'information versus celle en technologies propres ne corrobore pas exactement les propos de Fugere et Kachan (2012). On dénote une ascension semblable jusqu'en 2007, puis celle-ci ralentit drastiquement en 2008 jusqu'à subir une baisse vertigineuse en 2009. La crise économique fournit une explication certaine à cette observation. La période 2010-2011 démontre que l'investissement regagne de la vigueur, le §1603 Program n'y étant pas étranger. Cette explication est triviale, car l'investissement subit de nouveau une chute en 2012-2013, lorsque le programme d'incitatif fiscal prend fin. N'eût été question de la crise économique et du programme incitatif mis en place en réponse à cela, on peut possiblement affirmer que l'investissement en technologies propres aurait suivi une évolution semblable aux technologies de l'information.



Au Canada, les investissements en technologies propres subissent aussi une chute durant la crise. Cependant, l'effet de cette crise perdure jusqu'en 2010. À ce moment l'investissement reprend brièvement une vigueur impressionnante, en raison du Plan d'Action Économique du Canada mis en place par le gouvernement fédéral, qui octroie des subventions visant les innovations et l'entrepreneuriat. La comparaison des deux courbes laisse profiler une évolution similaire, encore une fois impactée par la crise économique et l'intervention gouvernementale.

6. Conclusion

i. Rappel de la problématique

Les technologies propres sont perçues comme la nouvelle vague d'innovations à encourager depuis quelques années, succédant aux technologies de l'information et aux biotechnologies. Ces innovations visent, de manière très générale, la réduction des impacts environnementaux néfastes et la limitation de consommation de ressources. Les technologies propres, de par leur caractère novateur et risqué pour un investisseur ordinaire, sont financées en grande partie par les fonds de capital de risque. Or, si l'analyse de l'investissement par capital de risque montre que celles-ci ont vécu une hausse dans leur investissement entre 2004 et 2011, les années 2012 et 2013 furent beaucoup moins fastes et ont été caractérisées par une baisse. Ces tendances ont des conséquences autant pour les firmes, les investisseurs de ces fonds, les entreprises innovantes que pour l'économie. Nous cherchions à savoir quels étaient les indicateurs influençant le capital investi dans les technologies propres et proposer des recommandations en fonction des résultats sur des actions possibles pouvant augmenter l'investissement de ces technologies. Pour ce faire, nous avons décidé d'évaluer le marché américain, le plus important en ampleur, et le marché canadien, plus près de notre réalité.

ii. Synthèse des modèles et résultats

Nous avons divisé la question en deux portions, soit la levée de capital et l'investissement de celui-ci. Les écrits de plusieurs auteurs, majoritairement Gompers et Lerner ainsi que Jeng et Wells, nous ont guidé vers un ensemble d'indicateurs pouvant expliquer la levée et l'investissement de capital. Après analyse des données, nous avons choisi de garder l'imposition courante des gains en capital, la croissance courante du produit intérieur brut par habitant, la croissance courante du rendement moyen par an des Bons du Trésor, les appels publics à l'épargne faits par la firme dans l'année passée, les appels publics à l'épargne faits dans l'an passé pour les biotechnologies et les technologies de l'information et les fonds gérés par la firme dans l'année passée afin d'expliquer l'ampleur des fonds levés. Au niveau, de l'investissement du capital, les variables retenues furent les appels

publics à l'épargne faits sur le marché des technologies propres dans l'année passée, l'existence du programme fiscal incitatif américain §1603 Program, les investissements faits en technologies propres à un stage inférieur dans l'année passée, la croissance courante du produit intérieur brut par habitant, ainsi que le coût uniformisé de l'énergie courant pour le charbon et l'énergie solaire.

Les modèles économétriques utilisés furent la régression linéaire estimée par MCO et la régression linéaire contrôlée pour les effets fixes dans le temps. Une analyse descriptive de l'investissement et une comparaison aux technologies de l'information furent aussi effectuées.

Les conclusions que nous formulons sont faites en fonction de la considération de tous les résultats et particulièrement de ceux qui se répètent dans les différentes analyses et lesquels résultats sont corroborés pour la plupart par la littérature financière. La levée de fonds, première étape vers l'investissement de capital dans les technologies propres, serait influencée par la réputation et la performance de la firme, captées par le capital sous gestion et les appels publics à l'épargne effectués dans le passé. De plus, la situation économique pourrait avoir un impact mais nous émettons des réserves quant à cette conclusion en raison des causes possibles de ce résultat et du peu d'observations ayant servi à l'obtenir. Par la suite, nous avons déterminé que l'investissement du capital, étant bien évidemment influencé par les fonds levés dans les années précédentes, était aussi affecté par les appels publics à l'épargne fait sur le marché, les incitatifs gouvernementaux et le capital investi dans les compagnies en démarrage.

iii. Rappel des limites

Certaines limites se doivent d'être posées, tout d'abord, en raison du type de données utilisées. Celles-ci ne représentaient pas une liste de firmes définies, ainsi un biais de sélection a été introduit, car nous ne pouvions pas mesurer les fonds «non levés». Cela nous aurait permis d'estimer un modèle d'Heckman en deux étapes et évaluer l'ampleur du fonds

levé conditionnellement à la probabilité de lever un fonds. Le modèle linéaire que nous avons utilisé ne tient pas compte de la décision conditionnelle de lever un fonds. Des limites se doivent donc d'être émises à ce sujet sur les estimateurs calculés et leur significativité. De plus, les données utilisées pour évaluer la formation de capital sont peu nombreuses, de par leur nature. La taille de l'échantillon peut poser problème au niveau de la fiabilité de l'estimateur.

Une critique générale des modèles économétriques est la présence possible d'endogénéité. Ainsi, nos modèles pourraient omettre des variables et introduire un biais dans le coefficient de l'estimateur. Ce biais est créé par la corrélation entre un paramètre du modèle et le terme d'erreur, celui-ci contenant les variables omises. La correction induite par l'utilisation d'effets fixes pourrait également ne pas éliminer complètement l'endogénéité. Une dernière limite des modèles employés dans ce mémoire se situe au niveau des écarts-types. En effet, il faudrait analyser les écarts-types en les séparant en différents groupes ayant des écarts-types similaires. Cette limite est due au fait que l'on assume généralement que le résidu est homoscedastique, ce qui n'est pas toujours le cas.

iv. Recommandations

Les recommandations suivantes ont été produites au bénéfice de Cycle Capital Management et dépassent le cadre de ce mémoire. Elles ne représentent pas les résultats de l'étude.

Les conclusions nous permettent de formuler certaines pistes de recommandations afin de favoriser l'investissement par voie de capital de risque dans les technologies propres. Elles sont largement inspirées de celles énoncées par Écotech Québec (2014). Ces recommandations concernent le développement des entreprises en démarrage, des moyens de favoriser un marché fort d'IPO par une large adoption des technologies et des incitatifs gouvernementaux à l'innovation.

Tout d'abord, des mesures favorisant le développement des entreprises jeunes sont des bons moyens d'accroître le bassin d'investissements potentiels futurs. Nous proposons des programmes de création d'emplois pour les petites moyennes entreprises (PME). Ces programmes peuvent prendre la forme de subventions à l'embauche ou crédits d'impôt. Il faut cependant garder en tête que les subventions atteignent généralement mieux l'objectif chez les PME, car celles-ci n'ont pas les mêmes moyens que les plus grandes entreprises lorsque vient le temps d'employer des gens et ne peuvent pas attendre la fin de l'année fiscale pour récolter leur dû. Les programmes de type «incubateur-accélérateur» sont également de bons moyens de permettre à ces entreprises d'évoluer dans les meilleures conditions. Ces programmes font la sélection de projets et d'entrepreneurs prometteurs et les accompagnent dans leur cheminement vers le succès. Ils les font bénéficier de mentorat, mettent à leur disposition un réseau d'affaires, les aident à se faire connaître et effectuent un suivi sur leur stratégie et leur avancement. Au Canada, au Québec plus précisément, l'Accélérateur Ecofuel en est un bon exemple.

Ensuite, il est nécessaire de favoriser la commercialisation et l'adoption des technologies afin que leur évolution fasse miroiter des possibilités de sorties (par IPO ou M&A) pour les investisseurs. À ce sujet, l'implication des entités publiques, comme le gouvernement ou les municipalités, dans l'adoption de technologies représente une vitrine technologique très importante. Cela stimule une demande importante chez les entreprises concernées, car les entités citées ont souvent des besoins d'envergure. La vitrine ainsi offerte, tel que mentionné, fait également office de démonstration du fonctionnement, de la viabilité et de l'efficacité des technologies, dans le cas échéant, pour la clientèle privée potentielle.

Finalement, des programmes gouvernementaux intelligents et cohérents favorisant directement le développement technologique sont aussi pertinents. Ces programmes se doivent d'être intelligents et cohérents au sens où ils s'inscrivent dans une vision globale avec des objectifs à court, moyen et long terme. Cela éviterait d'injecter uniquement de

l'argent à court terme sans prendre en compte la viabilité du projet et du secteur. Au contraire du §1603 Program, les incitatifs ne doivent aussi laisser place à aucune incertitude sur leur durée et portée. Ils se présentent premièrement sous la forme de crédits d'impôts à la recherche et développement (R-D) pour payer les salaires des chercheurs. Cela est une bonne façon d'accroître la capacité d'innovation des entreprises et ainsi augmenter le bassin de technologies propres disponible pour investissement. Cela répond à la dynamique de l'offre et la demande de capital énoncée par Gompers et Lerner (1999). De plus, il serait intéressant d'inclure dans ce crédit la phase de commercialisation de la technologie, qui est la plus difficile à surmonter pour les entrepreneurs. Deuxièmement, l'exploitation du marché du carbone plafonnant et règlementant les droits d'émissions des corporations au moyen de taxes est une façon de guider les corporations vers une adoption des technologies propres. Il faudrait cependant élargir la définition des technologies permettant de réduire les émanations. Par exemple, les technologies de gestion de l'énergie et d'efficacité énergétique contribuent à la réduction sans se présenter comme des électricités renouvelables.

Annexe

Tableau 17

Régression linéaire sur les variables impactant la levée de capital aux États-Unis		
Variable dépendante:	Équation 1	Équation 2
FUNDRAISED		
TAX	749,2122	
	1092,157	
GDPGROWTH	-21,0563*	-22,39014**
	12,84234	12,21145
IPO(t-1)	0,6102345***	0,6078096***
	0,2786719	0,2700424
IPOBIO(t-1)	-0,0051113	-0,0035635
	0,0297977	0,0286689
IPOIT(t-1)		0,0062126*
		0,0045983
CAPITALMANAGED	0,0747407***	0,0750355****
	0,0276394	0,26863
Constante	17,07493	118,3117***
	170,9128	57,53215
Adj R-squared	0,5768	0,5999
Obs	29	29

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Tableau 18

Régression linéaire robuste sur les variables impactant la levée de capital aux États-Unis et au Canada

Variable dépendante:	Équation 1	Équation 2
FUNDRAISED		
TAX	330,4014	
	954,9115	
GDPGROWTH	-6,509547	-7,23241
	9,501116	9,492686
IPO(t-1)	0,187743	0,2197487
	0,2478006	0,2511698
IPOBIO(t-1)	-0,0063538	-0,0081032
	0,0208598	0,0208123
IPOIT(t-1)		0,0046335
		0,0041993
CAPITALMANAGED	0,136929****	0,1335378****
	0,0244201	0,0248099
DUMMYCAN	-0,2199928	-0,1727503
	0,9644424	0,981899
Constante	32,77841	78,88225***
	143,3303	35,7044
Adj R-squared	0,67698939	0,61373529
Obs	36	36

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Tableau 19**Régression linéaire robuste en panel sur les variables impactant l'investissement de capital aux États-Unis et au Canada**

Variable dépendante:	Équation 3	Équation 4	Équation 5
INVESTED CAPITAL			
IPO(t-1)	0,1661542 0,1653108	0,7706841*** 0,3425193	0,1092646 0,1736152
S163	420,9168*** 153,1283	Omis	442,5728*** 165,1691
GDP	-10,79347 27,29351		
EARLY(t-1)		1,68598**** 0,1700535	
COAL	12,2425* 7,748688	26,41834* 15,36221	
SOLAR	0,3226156* 0,1942732	0,0092325 0,3545845	0,1714129 0,1717914
SUMFUNDRAISED	1,026812**** 0,0556928		0,9983596**** 0,057643
Constante	-1084,701** 514,6802	-1618,97* 1049,837	-280,0816*** 114,561
Adj R-squared	0,98856492	0,92133963	0,98618935
Adj R-squared (en excluant S163)	0,99022492	0,93204021	0,99005321
Obs	19	18	19

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Tableau 20**Régression linéaire robuste sur les variables impactant l'investissement de capital aux États-Unis et au Canada en terme de transactions**

Variable dépendante:	Équation 3	Équation 4	Équation 5
INVESTED CAPITAL			
IPO(t-1)	0,0016579****	0,0018596****	0,0012702***
	0,0005308	0,0005299	0,000444
S163	-0,9455193**	-0,3740052	-0,7807031***
	0,5634695	0,2982336	0,3359395
GDP	0,1865129*		
	0,1209673		
EARLY(t-1)		-0,000000946	
		0,0003231	
COAL	-0,0985404***	-0,1039128****	
	0,0425171	0,0263804	
SOLAR	0,0017083	0,0014098*	0,0040746****
	0,0014374	0,001007	0,0008148
SUMFUNDRaised	0,0003037		0,0005673****
	0,0003834		0,0001563
Constante	8,573902***	9,811684****	2,075331****
	3,431336	1,805434	0,5427853
Adj R-squared	.02052299	0,01482113	0,01671651
Obs	2253	2253	2253

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Tableau 21**Régression linéaire robuste en panel sur les variables impactant l'investissement de capital aux États-Unis et au Canada avec effets fixes**

Variable dépendante:	Équation 3	Équation 4	Équation 5
INVESTED CAPITAL			
IPO(t-1)	0,6054856	0,4208033	0,67528
	0,2804836	0,4035041	0,5258883
S163	477,1257	1444,574**	743,4653**
	542,9725	128,5669	58,24387
GDP	70,65375		
	184,8901		
EARLY(t-1)		1,030708*	
		0,2790344	
COAL	5,396311	-13,13166	
	20,31815	29,53204	
SOLAR	-0,1287907	-0,4303364	-0,1573367
	0,6390997	0,970018	0,3792465
SUMFUNDRaised	0,8274374*		0,6639709***
	0,2222312		0,0284152
Constante	-473,0018	1376,738	143,4764
	806,516	2168,107	64,39033
R-squared within	0,7918	0,7461	0,7761
R-squared between	1	1	1
R-squared overall	0,9305	0,8824	0,9166
Nombre de groupes	2	2	2
Obs par groupe	10	10	10

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Tableau 22**Régression linéaire en panel de INVESTEDCAPITAL(t-1) causant IPO**

Variable dépendante	
IPO	
INVESTEDCAPITAL(t-1)	0,0391758 0,0510415
Constante	248,1644*** 95,70904
Adj R-squared	-0,0282
Obs	16

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Tableau 23**Corrélation entre IPO et INVESTEDCAPITAL**

	IPO	INVESTEDCAPITAL(t-1)
IPO	1	
INVESTEDCAPITAL(t-1)	0,2009	1

* significatif à 80%, ** significatif à 90%, *** significatif à 95%, **** significatif à 99%

Bibliographie

ANGEVINE, Gerry, Carlos A. MURILLO et Nevena PENCHEVA (2012). *A Sensible Strategy for Renewable Electrical Energy in North America*, Fraser Institute, 108p.

BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE (2014). *Sustainable Energy in America : Factbook*, 20p.

BYRNE, David M., Stephen D. OLINER et Daniel E. SICHEL (2013). *Is the Information Technology Revolution Over?*, Finance and Economics Discussion Series Divisions of Research & Statistics and Monetary Affairs Federal Reserve Board, Washington, D.C., 50p.

DSIRE. *Financial Incentives*, [En Ligne], <http://www.dsireusa.org/incentives/index.cfm?state=us> (Page consultée le 10 novembre 2014).

ECOTECH QUEBEC (2011). *Les technologies propres au Québec : diagnostic de la chaîne de financement*, Écotech Québec, 27p.

ECOTECH QUEBEC. *Livre blanc pour une économie verte par les technologies propres*, Octobre 2014, 20 p.

FUGERE, Danielle and Dallas KACHAN. *Cleantech redefined*, Kachan & Co, 38p.

GHOSH, Shikhar et Ramana NANDA (2010). *Venture Capital Investment in the Clean Energy Sector*, Harvard Business School, 22p.

GOMPERS, Paul et Josh LERNER (1999). *What Drives Venture Capital Fundraising?*, National Bureau of Economic Research, 54p.

HARGADON, Andrew et Martin KENNEY (2011). *Venture Capital and Clean Technology : Opportunities and Difficulties*, Berkley University, 34p.

HARPER John et Michael MENDELSON (2012). *§1603 Treasury Grant Expiration: Industry Insight on Financing and Market Implications*, National Renewable Energy Laboratory, 41p.

JENG, Leslie A. et Philippe C. WELLS (1998). *The Determinants of Venture Capital Funding: Evidence Across Countries*, Harvard Business School, 73p.

KSHETRI, Nir (2012). *The development of the cleantech technology industry : A conceptual framework*, The University of North Carolina at Greensboro, 17p.

- LAZARD (2014). Lazard's Levelized Cost Of Energy Analysis Version 8.0, [En Ligne], <http://www.lazard.com/PDF/Levelized%20Cost%20of%20Energy%20-%20Version%208.0.pdf>.
- METRICK, Andrew et Ayako YASUDA (2010). *Venture Capital & the Finance of Innovation*, 2^e édition, Wiley, 592p.
- MILLS, Luke (2014). *Global Trends In Clean Energy Investment*, Bloomberg New Energy Finance, 33p.
- PEREZ, Carlota (2002). *Technological revolutions and financial capital : the dynamics of bubbles and golden ages*, Edward Elgar Pub, 198p.
- RESSOURCES NATURELLES CANADA. *Économies d'impôt pour l'industrie*, [En Ligne], <http://www.rncan.gc.ca/energie/efficacite/industrie/appui-financier/5148> (Page consultée le 10 novembre 2014).
- U.S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (2013). *Receipts, Cost, and Quality of Fossil Fuels*, [En Ligne], http://www.eia.gov/electricity/annual/html/epa_07_05.html
- VICTOR, David G. et Kassia YANOSEK (2011). *The Crisis in Clean Energy*, Foreign Affairs, Volume 90, numéro 4, 10p.

