

HEC MONTRÉAL

**Impact de l'adoption de nouvelles technologies sur la productivité en
santé
par
Marc-André Dubeau**

**Sciences de la gestion
(Option Économie appliquée)**

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

Août 2019
© Marc-André Dubeau, 2019

Résumé

L'objectif de ce mémoire est d'étudier l'impact de l'adoption des nouvelles technologies sur les résultats et les coûts des hôpitaux dans le système de santé québécois. Nous développons un modèle de probabilité linéaire à partir de données sur les séjours des patients atteints d'un infarctus du myocarde admis dans un établissement de santé au Québec entre 1996 et 2011.

En utilisant les traitements d'angioplastie comme innovation médicale sur notre période d'étude, nos principaux résultats montrent que l'adoption de nouvelles technologies auraient un effet positif et significatif sur les résultats des hôpitaux. Bien que, à l'aide de modèles économétriques, nous ne puissions conclure avec confiance que les hôpitaux qui adoptent la technologie plus rapidement obtiennent de meilleurs résultats, il est clair que les hôpitaux ayant un niveau d'adoption plus élevé sont les plus productives. De plus, bien que l'adoption des nouvelles technologies entraînent une hausse de coûts, ce ne devrait pas être prohibitif, car le coût par vie sauvée supplémentaire se compare avantageusement avec les ratios de coût-efficacité que nous retrouvons dans la littérature scientifique. Finalement, nous n'observons pas de convergence dans les niveaux d'adoption des technologies entre les hôpitaux. Ce phénomène a pour conséquence de créer une disparité permanente entre les hôpitaux; ceux étant en avance technologiquement obtiennent de meilleurs résultats.

Table des matières

Résumé.....	iv
Table des matières.....	v
Liste des tableaux et des figures	vii
Remerciements	viii
1. Introduction.....	1
2. Revue de la littérature	5
2.1 Mise en contexte.....	5
2.2 L'approche de Skinner et Staiger (2015)	8
2.3 Infarctus du myocarde et traitements	9
2.4 Résultats dans la littérature économique	11
3. Données.....	14
3.1 Collecte de données.....	14
3.1.1 Collecte des séjours pertinents à l'aide des bases de données MED-ECHO et APR-DRG.....	15
3.1.2 Collecte des dates de séjour à l'aide de la base de données MED-ECHO	15
3.1.3 Collecte des services rendus aux patients à l'aide de la base de données de la RAMQ	16
3.1.4 Collecte des montants facturés à l'aide de la base de données de la RAMQ..	16
3.1.5 Création de notre variable « survie » à l'aide de la base de données MED-ECHO	16
3.1.6 Collecte des variables de contrôle à l'aide des bases de données MED-ECHO et APR-DRG.....	17
3.1.7 Autres manipulations	17
3.2 Analyse descriptive	18
4. Modèle	24
4.1 Modélisation de l'adoption des nouvelles technologies et l'impact sur les résultats des hôpitaux.....	24
4.2 Les coûts et l'adoption de la technologie	26
4.3 Autres informations sur la méthodologie	27

5. Résultats	29
5.1 L'impact de l'adoption de nouvelles technologies sur les résultats des hôpitaux ...	29
5.2 L'impact de l'adoption de nouvelles technologies sur les coûts	33
5.3 Estimation du coût d'une vie sauvée supplémentaire	36
5.4 La convergence dans l'adoption des nouvelles technologies	37
6. Conclusion	40
Bibliographie.....	42
Annexes.....	45

Liste des tableaux et des figures

Tableau 1: Statistiques descriptives des variables de contrôle des modèles

Tableau 2: Part des séjours selon la gravité de la situation

Tableau 3: Résultats des régressions estimant la relation entre l'adoption de nouvelles technologies et les résultats des hôpitaux

Tableau 4: Résultats des régressions estimant la relation entre l'adoption de nouvelles technologies et les coûts

Figure 1: Interprétation de la relation entre les facteurs de production et les résultats des hôpitaux

Figure 2: Évolution de la fraction de patients ayant reçu un traitement d'angioplastie par quartile d'adoption de la technologie, 1996-2011

Figure 3: Évolution du taux de survie par quartile d'adoption de la technologie, 1996-2011

Figure 4: Évolution du NIRRU moyen par séjour selon l'utilisation de l'angioplastie, 1996-2011

Figure 5: Évolution des montants moyens facturés par les médecins par séjour selon l'utilisation de l'angioplastie, dollars constants de 2002, 1996-2011

Figure 6: Niveau d'adoption de la technologie à la fin de la période d'étude selon le niveau d'adoption au début de la période d'étude

Figure 7: Tendance linéaire de l'écart annuel du niveau d'adoption de la technologie avec le quartile de diffusion le plus rapide

Remerciements

À l'image de ma personnalité, mes remerciements seront brefs, mais sincères.

Tout d'abord, je tiens à remercier mon directeur de recherche, Pierre-Carl Michaud, qui a su me conseiller et me guider au cours de ce long processus de recherche et de rédaction. Merci pour votre patience et votre aide. C'est grandement apprécié.

Ensuite, j'aimerais remercier ma famille, sans qui je n'aurais pu compléter ce travail. Merci pour votre support, votre patience, votre compréhension et votre amour. Je vous dois beaucoup.

Je tiens aussi à remercier tous les professeurs des départements d'économie de l'Université de Montréal et de HEC Montréal pour les connaissances que vous m'avez transmises durant mon parcours académique.

Finalement, je tiens à offrir une pensée spéciale à M. François Vaillancourt. Votre rencontre a été marquante, et je demeure certain que sans vous, je ne serais pas où je suis aujourd'hui. Merci d'avoir cru en moi et de m'avoir ouvert des portes.

1. Introduction

En économie, la loi des rendements marginaux décroissants est un principe fondamental. Ce principe énonce que lorsque la quantité employée d'un facteur de production augmente, la production totale (due à ce facteur) augmente à un taux décroissant, toutes choses étant égales par ailleurs. Dans le domaine de la santé, nous pourrions penser au nombre de jours passés à l'hôpital par un patient pour un diagnostic quelconque. Au fil du temps, garder le patient à l'hôpital un jour de plus augmente de moins en moins ses chances de survie. Nous pouvons même croire qu'à un certain point, garder le patient un jour de plus n'augmente pas ses chances de survie. La productivité marginale de garder un patient à l'hôpital (et d'utiliser des ressources) diminue avec la durée de séjour. Les cas d'acharnement médical sont aussi des exemples qui illustrent bien cette idée. Pour un patient avec une maladie quelconque, une fois que tous les traitements connus ont été essayés, allouer plus de ressources n'aidera probablement pas le patient.

C'est de ce principe qu'est née l'expression « médecine du plat de la courbe »¹. Cette expression, popularisée par Alain Enthoven (1978), décrit les ressources médicales utilisées qui n'apportent pas ou peu d'effet bénéfique sur la santé des patients. En termes plus techniques, la médecine du plat de la courbe symbolise la médecine qui a une productivité marginale nulle ou presque nulle.

Une partie de la littérature scientifique qui étudie la relation entre les dépenses en santé et la survie des patients montre que la médecine du plat de la courbe semble être un phénomène bien réel. Par exemple, selon les résultats d'une étude faite par Fisher et al. (2003) aux États-Unis, les gens dans les régions où il y a plus de dépenses en santé recevront plus de services, mais rien n'indique que les résultats sur leurs santé sont meilleurs.

À l'inverse, les résultats d'études récentes nous poussent à nous questionner sur le concept du plat de la courbe en médecine.

¹ Traduction libre de « *flat-of-the-curve medicine* »

Baicker et Chandra (2004) ont trouvé une relation négative entre les dépenses en santé et la qualité des soins offerts. Skinner et Staiger (2015) présentent des résultats d'études qui ont montré que la survie s'est souvent améliorée grâce à de nouvelles technologies très coûteuses. Nous pouvons penser aux traitements pour les cancers ou pour les nouveau-nés qui vivent des complications. Cutler et McClellan (2001) ont aussi démontré que les changements technologiques ont entraîné une amélioration des résultats pour plusieurs problèmes de santé.

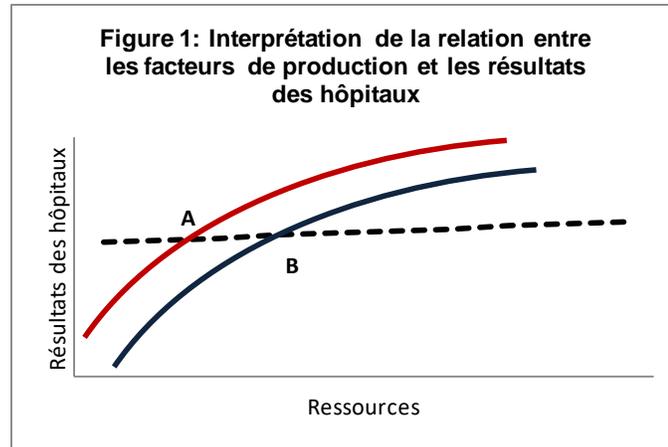
Ainsi, comment pouvons-nous expliquer la médecine du plat de la courbe lorsque nous savons, par exemple, qu'il existe une relation potentiellement négative entre le niveau des dépenses et la qualité des soins? Si les améliorations de la médecine proviennent de nouvelles technologies coûteuses, pourquoi les hôpitaux qui dépensent plus ne sont pas beaucoup plus productifs?

Pour Skinner et Staiger (2015), la clé pour répondre à ces questions se trouve dans les modèles macroéconomiques de productivité. Lorsque nous étudions la relation entre les dépenses en santé et la survie des patients, il faut tenir compte de la technologie et de la diffusion de celle-ci. Dans le cas contraire, il y a un biais dans l'estimation de la productivité des ressources dans les hôpitaux. Dans notre contexte, la technologie se définit par les innovations médicales qui permettent d'améliorer les soins de santé.

Les résultats de Skinner et Staiger (2015) montrent que le niveau de diffusion de la technologie dans un hôpital a un effet sur la productivité. Un hôpital qui adopte rapidement les nouvelles technologies efficaces peut avoir d'aussi bons résultats qu'un hôpital qui dépense plus mais qui adopte les nouvelles technologies plus lentement.

Ces résultats remettent en doute l'existence de la médecine du plat de la courbe. Si le niveau de diffusion de la technologie n'est pas observé et que les hôpitaux qui adoptent plus rapidement la technologie sont aussi ceux qui consomment moins de ressources, la relation entre les ressources (dépenses) et les résultats sera plus faible (productivité faible). Toutefois, il est possible que dans les deux types d'hôpitaux, plus de ressources améliorent la santé et la survie des patients comme le montre la figure 1. Supposons que les courbes rouge et bleue correspondent aux courbes de production de deux hôpitaux et

que les hôpitaux se trouvent respectivement au point A et B. Si nous régressons seulement les résultats des hôpitaux sur les ressources ou les facteurs de production, nous estimerons la ligne pointillée qui correspond visiblement au plat de la courbe. Selon Skinner et Staiger (2015), si nous contrôlons pour la diffusion de la technologie, nous estimerons vraisemblablement un segment de la courbe rouge ou bleue et, dans ce cas, il est beaucoup moins certain que la médecine du plat de la courbe existe vraiment.



C'est en s'inspirant de cet article de Skinner et Staiger (2015) que nous développerons notre modèle dans ce mémoire. Nous regarderons plus particulièrement les implications du modèle de Skinner et Staiger dans le système de santé québécois. Ainsi, nous regarderons dans un premier temps si l'adoption de nouvelles technologies a un impact sur la survie: est-ce que l'adoption de nouvelles technologies dans un établissement de santé améliore ses résultats? Par la suite, nous analyserons l'impact des nouvelles technologies sur les coûts: est-il plus coûteux de soigner des patients lorsqu'un hôpital adopte de nouvelles technologies? Ces questions sont clairement pertinentes pour certains enjeux de politiques publiques. De plus, en estimant l'impact de l'adoption des nouvelles technologies sur la survie et les coûts, nous pouvons estimer les coûts de sauver une vie supplémentaire. Cette mesure, communément utilisé dans la littérature économique, nous permettra de mieux juger les gains de l'adoption des nouvelles technologies. Finalement, nous observerons si les écarts technologiques entre les hôpitaux diminuent ou persistent à travers le temps et nous discuterons des implications de nos résultats.

Pour répondre à ces questions, nous utilisons la base de données MED-ECHO², la base de données APR-DRG³ et la base de données sur les services médicaux rémunérés à l'acte de la Régie de l'assurance maladie du Québec (RAMQ) pour un échantillon de patients diagnostiqués d'un infarctus du myocarde au Québec pour la période 1996-2012. Dans le cadre de cette recherche, nous ne pouvons malheureusement pas analyser l'impact de toutes les nouvelles technologies utilisées sur notre période d'étude. Ainsi, nous observons uniquement l'impact de l'angioplastie sur les résultats des hôpitaux. Toutefois, cela ne cause pas de problème méthodologique puisque l'angioplastie est un traitement répandu, connu et efficace.

Nos conclusions se rapprochent des résultats obtenus par Skinner et Staiger (2015). Tout d'abord, nous trouvons que l'adoption de nouvelles technologies a un impact positif sur la survie des patients dans les établissements de santé et qu'elle fait augmenter les coûts. Cependant, la hausse des coûts peut être fortement liée au fait que nous estimons nos modèles à l'aide d'une technologie qui demande l'utilisation de plus de ressources. Malgré tout, nous constatons que la hausse des coûts ne devrait pas ralentir l'adoption des nouvelles technologies, alors que le coût d'une vie sauvée supplémentaire est relativement faible. Finalement, nous observons qu'il n'y a pas de convergence entre les hôpitaux dans les niveaux d'adoption de nouvelles technologies au Québec.

² Cet acronyme signifie: « Maintenance et exploitation des données pour l'étude de la clientèle hospitalière »

³ Cet acronyme signifie: « All Patient Refined - Diagnosis Related Groups ». La base de données est aussi nommée « Performance hospitalière ».

2. Revue de la littérature

2.1 Mise en contexte

Une des motivations dominantes de l'article de Skinner et Staiger (2015) est de comprendre les contradictions présumées des résultats de recherches étudiant la relation entre les dépenses en santé et la productivité des hôpitaux. Une brève revue de la littérature nous permet de comprendre l'importance de cette motivation et la pertinence d'étudier l'impact de l'adoption des nouvelles technologies dans le domaine de la santé.

Comme il l'a été mentionné dans l'introduction, c'est Alain Enthoven qui a popularisé l'expression « médecine du plat de la courbe ». Déjà en 1978, il croit que beaucoup de médecine du plat de la courbe est pratiquée aux États-Unis (Enthoven, 1978). Il admet, cependant, que les faits sont « suggestifs », mais pas « concluants ». Néanmoins, les résultats d'études qu'il présente dans son article semblent lui donner raison.

En 2004, Victor Fuchs a publié un article où il discute des résultats de trois études qui ont examiné la variation dans l'intensité des soins offerts aux bénéficiaires de Medicare. Dans ce texte, il est notamment question du rôle de l'intensité des soins. Fuchs affirme que les patients dans les régions où il y a une quantité de soins offerts plus grande n'auront pas un taux de survie plus élevé ou une espérance de vie plus longue que les patients dans les régions où moins de soins sont offerts. Pour Fuchs, ces résultats sont crédibles pour trois raisons. Premièrement, les régions où les ressources médicales sont limitées feront des choix informés. Nous pouvons croire qu'ils choisiront et se limiteront aux traitements les plus efficaces. Deuxièmement, les différences dans la survie des patients sont principalement déterminées par des facteurs « non médicaux ». Cette raison est la plus importante pour Fuchs et nous en tenons compte lorsque nous construisons notre modèle. La troisième raison donnée par Fuchs est contestable selon nous. Il avance que l'adoption des interventions médicales efficaces se diffuse rapidement. Plusieurs recherches ont montré que ce n'était pas le cas.

Donald Berwick a écrit, en 2003, un article sur la lente diffusion des innovations en santé. Dans cet article, Berwick donne un exemple historique qui, bien entendu, ne reflète pas

la réalité d'aujourd'hui mais illustre bien le propos. En 1601, les résultats d'une expérience faite par le capitaine britannique James Lancaster indiquaient que le jus de citron permettait de combattre le scorbut. Malgré cela, ce n'est que quarante-huit ans plus tard que la marine britannique ordonna que les agrumes fassent partie de l'alimentation des marins. Soixante-dix autres années se sont écoulées avant que les agrumes ne deviennent un traitement répandu en Angleterre. En tout, il s'est écoulé deux cent soixante-quatre ans entre l'adoption universelle de l'innovation médicale en Angleterre et les premiers tests de Lancaster qui prouvaient son efficacité (Berwick, 2003).

Bien sûr, il existe des exemples plus récents. Au début des années 1980, il a été montré que les bêtabloquants réduisaient la mortalité après une attaque cardiaque. Malgré cela, ce traitement était utilisé pour soigner moins de 69% des patients potentiels dans la moitié des états américains en 2000-2001 (Skinner et Staiger, 2015). Pourtant, c'est un traitement peu coûteux et efficace. Les raisons pour lesquelles ce traitement était aussi peu utilisé demeurent nébuleuses vu son efficacité éprouvée.

À l'inverse, il existe des exemples pour lesquels des traitements sont utilisés même si leur efficacité est douteuse. Par exemple, aux États-Unis, il a été montré en 2006 que les chirurgies étaient peu efficaces pour remédier aux problèmes de dos. En dépit de ces résultats, le nombre d'opérations pour le dos aux États-Unis n'a pas diminué depuis 2006 et a même augmenté dans certaines régions (Frakt et Skinner, 2017). Ce phénomène serait dû, presque en totalité, aux préférences individuelles des médecins. D'autres hypothèses pour expliquer pourquoi le nombre d'opérations pour le dos n'a pas diminué peuvent être soulevées, mais elles sont souvent sans fondement scientifique.

Les exemples que nous venons de présenter montrent qu'il est faux de croire que l'adoption des traitements efficaces se fait rapidement ou que certains traitements cessent d'être utilisés lorsqu'il est prouvé qu'ils sont inefficaces. Cela va à l'encontre de la troisième raison évoquée par Fuchs (2004) pour expliquer la médecine du plat de la courbe. De plus, le texte de Frakt et Skinner (2017) montre clairement qu'il y a des différences régionales dans l'adoption des technologies.

Ainsi, est-ce que ces écarts dans l'adoption de nouvelles technologies peuvent expliquer les différences dans les résultats des hôpitaux? Un regard sur quelques modèles de productivité macroéconomiques et leurs résultats nous donne des indices intéressants.

Dans une étude faite par Crespi et al. (2008), nous pouvons voir que la diffusion du savoir a un impact majeur sur la productivité des facteurs de production. À partir de sondages faits directement auprès des firmes, les chercheurs ont trouvé que les concurrents, les fournisseurs et les autres firmes appartenant à la même entreprise sont des sources importantes de savoir. C'est-à-dire qu'une firme acquiert beaucoup de savoir grâce aux firmes qui l'entourent. Le partage et la circulation du savoir entre ces firmes comptent pour environ 50% de la croissance de la productivité globale des facteurs.

Comin et Hobijn (2004, 2010) ont étudié la diffusion de la technologie dans plusieurs secteurs d'activité à partir de données agrégées par pays. Dans un premier papier paru en 2004, les chercheurs concluent que la technologie joue un rôle majeur pour expliquer les différences de revenus par habitant entre les pays (Comin et Hobijn, 2004). De plus, un pays qui adoptait plus rapidement les nouvelles technologies par le passé aura tendance à être un pays qui adopte plus rapidement les nouvelles technologies aujourd'hui.

Dans un deuxième article publié en 2010, Comin et Hobijn ont développé un modèle de croissance et de diffusion de la technologie (Comin et Hobijn, 2010). Leur base de données contient des informations sur 15 technologies et 166 pays. Sans présenter les détails du modèle, quelques résultats sont intéressants à relever. Premièrement, les chercheurs trouvent que les délais d'adoption sont très grands. Les pays adoptent une nouvelle technologie, en moyenne, 45 ans après son invention. Parallèlement, il y a une grande variance dans la vitesse d'adoption des pays. Par rapport à la moyenne, l'écart-type est de 39 ans. Deuxièmement, l'étude fait un lien entre les délais d'adoption technologique et deux épisodes de croissance remarquable en Asie. En effet, le miracle économique japonais et la forte croissance économique des quatre dragons asiatiques⁴ (souvent appelé

⁴ Les quatre dragons asiatiques sont la Corée du Sud, Singapour, Hong Kong et la Taiwan. Bien que l'expression anglaise soit « East Asian Tigers » ou « Asian Tigers », les textes français utilisent l'expression « dragons asiatiques ». L'expression française « tigres asiatiques » est utilisée pour désigner le groupe de

« East Asian Tigers ») sont arrivés au moment où ces pays ont réduit leurs délais d'adoption technologique par rapport aux pays de l'OCDE. Troisièmement, Comin et Hobijn trouvent que l'adoption des technologies compte pour beaucoup dans les différences de revenu par habitant entre les pays étudiés. Ce résultat confirme ce qu'ils avaient trouvé en 2004. Dans leur étude de 2010, ils parviennent à quantifier l'impact de l'adoption des technologies.

2.2 L'approche de Skinner et Staiger (2015)

Les modèles de productivité macroéconomiques nous donnent des pistes de réflexion: l'impact de la diffusion de la technologie sur la productivité serait non-négligeable. Ainsi, serait-il possible d'imaginer un modèle dans lequel la diffusion de la technologie pourrait expliquer en partie la productivité des hôpitaux? Pour Skinner et Staiger, la réponse à cette question est positive.

Nous allons simplifier les choses pour bien comprendre le raisonnement. Une étude sur la productivité des hôpitaux pourrait estimer un modèle qui ressemble à:

$$y_{it} = \beta x_{it} + \varepsilon_{it}.$$

Dans cet exemple, nous pourrions supposer que y_{it} correspond au taux de survie dans un hôpital i au temps t et que x_{it} sont les facteurs de production utilisés par l'hôpital i au temps t . ε_{it} est le terme d'erreur dans ce modèle. L'estimation devrait donner un β très faible et nous pourrions conclure qu'une partie de la médecine est du « plat de la courbe » puisque la productivité marginale des facteurs de production est faible.

Si nous croyons que la diffusion de la technologie a un effet sur la productivité d'un hôpital, alors le modèle décrit ci-dessus omet une variable. Ainsi, il faudrait plutôt un modèle qui ressemble à:

$$y_{it} = \beta x_{it} + \varphi a_{it} + \mu_{it}.$$

pays constitué de la Thaïlande, la Malaisie, l'Indonésie, le Viêt Nam et les Philippines. En anglais, ce groupe de pays est appelé « Tiger Cub Economies ».

Nous ajoutons la variable a_{it} qui représente la diffusion de la technologie pour l'hôpital i au temps t . μ_{it} est le terme d'erreur dans ce modèle. Dans ce cas, nous contrôlons pour la diffusion de la technologie.

L'impact d'omettre a_{it} est important. Si la covariance entre a_{it} et x_{it} est plus grande que zéro, alors l'estimation de β est plus grande que la vraie valeur de β . À l'inverse, si la covariance entre a_{it} et x_{it} est plus petite que zéro, alors l'estimation de β est plus petite que la vraie valeur de β . C'est dans ce dernier cas que nous retrouvons une estimation qui nous mène à croire qu'il y a de la médecine du plat de la courbe tel que le montre l'équation suivante, où $\tilde{\beta}$ est un estimateur de β :

$$E[\tilde{\beta}] = \beta + cov(x_{it}, \varphi a_{it}).$$

Ainsi, si les hôpitaux avec un niveau de diffusion de la technologie plus élevé tendent à utiliser moins de ressources, l'omission de a_{it} nous amène à sous-estimer la vraie valeur de β .

2.3 Infarctus du myocarde et traitements

Dans leur étude, Skinner et Staiger (2015) utilisent seulement les données sur les patients victimes d'un infarctus du myocarde (communément appelé, au Québec, « crise cardiaque »). Il y a de bonnes raisons derrière ce choix. Premièrement, l'infarctus du myocarde est une maladie qui touche beaucoup de patients. Deuxièmement, les patients victimes d'une attaque cardiaque sont souvent admis à l'hôpital le plus près et ne choisissent pas l'hôpital où ils seront transportés. Donc, ceci ne crée pas de biais de sélection dans nos données. Le choix de l'hôpital qui soigne le patient est, en quelque sorte, aléatoire et n'influence pas les résultats. Troisièmement, comme le démontrent Skinner et Staiger, il y a un large consensus médical que la survie est la chose la plus importante lors d'un infarctus du myocarde. Ainsi, la mesure de productivité est cohérente et aisément mesurable. D'ailleurs, plusieurs études sur des sujets semblables à celui de Skinner et Staiger utilisent les données sur les patients victimes d'un infarctus du myocarde et, par conséquent, nous faisons de même.

Les technologies permettant de traiter les infarctus du myocarde ont varié durant notre période d'étude, soit de 1996 à 2012. En effet, quelques traitements connus avant 1996 ont continué d'être utilisés pendant que des innovations médicales ont été adoptées par les médecins.

La littérature économique divise souvent les traitements des infarctus du myocarde en deux (voir Chandra et Staiger (2007) et Skinner et Staiger (2015)). D'une part, il y a les traitements dits « médicaux » qui sont principalement des médicaments donnés aux patients afin de rétablir la circulation du sang dans le corps et le fonctionnement normal du cœur. D'autre part, il y a les traitements dits « chirurgicaux » ou « instrumentaux ». Ces traitements nécessitent l'intervention d'un médecin afin de procéder à une opération.

Parmi les innovations médicales les plus courantes pour aider les patients victimes d'un infarctus du myocarde, nous retrouvons l'aspirine et les bêtabloquants. Ces deux médicaments ont commencé à être utilisés de manière fréquente vers la fin des années 1980. La thrombolyse est un autre traitement médical important qui consiste à injecter un médicament au patient afin de détruire le caillot de sang qui obstrue les vaisseaux sanguins.

Les deux traitements chirurgicaux les plus connus suite à un infarctus du myocarde sont l'angioplastie et le pontage. Le pontage aorto-coronarien est cependant moins répandu, car le patient doit répondre à des critères précis afin de recevoir ce traitement. D'ailleurs, l'utilisation de ce traitement a chuté entre 2001 et 2008 aux États-Unis (Epstein et al., 2011). L'angioplastie est une technique qui consiste à élargir l'artère bloquée à l'aide de ballonnets gonflables. L'opération peut être conclue par la mise en place d'une endoprothèse métallique qui évite que l'artère rétrécisse à nouveau au même endroit. L'angioplastie est considérée comme un traitement efficace (Ryan et al., 1993).

Dans le cadre de cette recherche, nous ne pouvons malheureusement pas analyser l'impact de toutes ces technologies. Notre base de données ne contient que des informations sur les traitements chirurgicaux. Ainsi, puisque le pontage est approprié pour seulement une petite part des patients et que nous ne pouvons considérer les traitements médicaux, nous observons uniquement l'impact de l'angioplastie sur les résultats des hôpitaux. Toutefois,

cela ne cause pas de problème méthodologique puisque l'angioplastie est un traitement répandu, connu, efficace et qui nous permettra de modéliser le niveau technologique des hôpitaux.

Un groupe de chercheurs ont étudié les différentes pratiques entre les médecins américains et canadiens relativement aux traitements offerts à certains patients ayant souffert d'un infarctus du myocarde (Kaul et al, 2004). Les chercheurs présentent deux résultats particulièrement intéressants dans le cadre de cette recherche. Tout d'abord, les médecins canadiens seraient plus conservateurs dans le choix d'opter pour une chirurgie invasive, notamment l'angioplastie coronaire. Ensuite, ce conservatisme des médecins canadiens aurait des effets négatifs sur la survie à long terme des patients canadiens. Ses résultats renforcent le fait que nous analyserons l'impact de l'adoption d'une technologie efficace, soit l'angioplastie, en plus de nous permettre de croire que l'impact sera positif.

Ces différences dans les pratiques ne restreignent pas la comparabilité ou la complémentarité de nos résultats avec les études américaines présentés dans ce chapitre. Nous étudions l'impact de l'adoption d'une nouvelle technologie sur les résultats des hôpitaux à l'intérieur du même système de santé. Peu importe la structure du système de santé ou les choix de traitements des médecins, notre modèle révèle s'il y a un impact significatif. Par la suite, à la manière de Skinner et Staiger (2015), nous pouvons inférer si la technologie a un impact sur la productivité des hôpitaux, même si nous utilisons des données québécoises. Les différences entre les pratiques des médecins et la structure des systèmes de santé devraient être prises en compte si nous comparions l'impact entre les pays, ce qui n'est pas notre cas.

2.4 Résultats dans la littérature économique

Dans leur étude, Skinner et Staiger (2015) utilisent deux bases de données. Dans le but de créer leur indice de diffusion de la technologie, ils utilisent une base de données américaine provenant du « Cooperative Cardiovascular Program » (CPP). Cette base de données contient les informations pour plus de 160 000 patients victimes d'un infarctus du myocarde âgés de plus de 65 ans. Les données récoltées au niveau des hôpitaux sont pour les années 1994-1995.

Pour estimer leurs modèles de diffusion et de productivité, les chercheurs utilisent des données provenant des demandes faites à Medicare. Ils utilisent un échantillon de 20% des demandes pour la période 1986-1991 et 100% des demandes pour la période 1992-2004. Après avoir laissé tomber les hôpitaux avec 5 patients ou moins pour la période 1992-2004 et les hôpitaux qui ont fermé sur la période d'étude, ils se retrouvent avec une base de données contenant 2,8 millions de patients. Ils utilisent aussi cette base de données pour créer leur variable indépendante qui est la survie un an après l'infarctus. Leurs données montrent que le taux de survie au moins un an après l'infarctus du myocarde est passé d'environ 59% en 1986 à près de 70% en 2004. De plus, simplement en regardant les données, il est possible de constater que les hôpitaux qui utilisent les innovations plus rapidement ont des taux de survie plus élevés.

Skinner et Staiger trouvent que les taux d'adoption de nouvelles technologies expliquent en grande partie les différences persistantes entre hôpitaux dans la survie des patients un an après une attaque cardiaque. Le quintile des hôpitaux qui ont tendance à adopter les nouvelles technologies le plus rapidement a un taux de survie 3,3% plus élevé que le quintile dans lequel les hôpitaux adoptent les nouvelles technologies le plus lentement. Les chercheurs constatent aussi que les hôpitaux qui ont augmenté leur taux de diffusion de la technologie ont connu des améliorations remarquables dans la survie de leurs patients. Finalement, Skinner et Staiger remettent en question l'existence du plat de la courbe pour les traitements des infarctus du myocarde. En regardant la productivité des hôpitaux à un point dans le temps, il est possible de trouver que les hôpitaux qui utilisent plus de facteurs de production n'améliorent pas vraiment les chances de survie de leurs patients. Toutefois, cela est dû au fait que nous n'avons pas bien contrôlé pour la diffusion de la technologie qui, rappelons-le, est un déterminant important de la productivité des hôpitaux.

Chandra et Staiger (2007) ont étudié l'impact du choix des traitements par les médecins sur la productivité des hôpitaux à partir de données sur les patients victimes d'un infarctus du myocarde. Dans leur modèle, pour chaque patient, les médecins choisissent un type de traitement, soit chirurgical ou médical. Ce choix a une externalité positive sur la productivité de l'hôpital pour le type de traitement choisi. Ainsi, plus les médecins d'un

hôpital optent pour des chirurgies, plus la productivité de cet hôpital augmente pour ce type de traitement. Les hôpitaux deviennent, d'une certaine manière, spécialisés dans un des deux types de traitements. Leurs résultats montrent que les hôpitaux qui font beaucoup de chirurgies auront de meilleurs résultats pour les patients les plus appropriés à subir une chirurgie. Toutefois, pour les patients les moins appropriés à subir une chirurgie, ces hôpitaux auront de moins bons résultats. Globalement, les chercheurs ne trouvent aucune relation entre les résultats d'un hôpital et la part de patients subissant une chirurgie dans cet hôpital.

Ces résultats permettent de tirer des conclusions intéressantes. Nous savons que les traitements chirurgicaux sont plus coûteux, ou, du moins, qu'ils nécessitent plus de ressources. Comme l'ont montré Chandra et Staiger (2007) et Skinner et Staiger (2015), un hôpital qui se spécialise dans les traitements chirurgicaux peut avoir d'aussi bons résultats qu'un hôpital qui se spécialise dans les traitements médicaux, mais probablement que les coûts seront plus élevés pour l'hôpital spécialisé dans les traitements chirurgicaux.

3. Données

Nous proposons une méthodologie divisée en trois parties, soit la construction de notre base de données, l'analyse descriptive de celles-ci et la modélisation. Cette dernière partie est présentée dans le quatrième chapitre.

Avant de passer à la description de nos données, il est pertinent de détailler notre unité d'observation: nous observons les séjours des patients atteints d'un infarctus du myocarde admis dans un centre hospitalier du Québec. Un séjour correspond au moment où le patient est admis à l'hôpital jusqu'à sa sortie. Bien entendu, un patient peut faire plusieurs séjours dans un centre hospitalier mais chaque séjour correspond à une observation unique. Pour chaque séjour, nous détenons de l'information sur le patient, les diagnostics émis, la gravité de la situation, les risques de mortalité et des informations sur les ressources utilisées pour soigner le patient.

3.1 Collecte de données

La visée, lors de la collecte de données dans le cadre de cette recherche, est d'obtenir une base de données permettant d'étudier l'impact de l'adoption des traitements d'angioplastie sur la survie des patients. Parallèlement, des données sur les coûts de chaque séjour sont collectées.

Notre base de données est construite à partir de trois sources de données, soit la base de données MED-ECHO, la base de données APR-DRG et la base de données sur les services médicaux rémunérés à l'acte de la RAMQ. La base de données MED-ECHO contient des renseignements personnels clinico-administratifs lié aux soins et aux services offerts à une personne qui a été admise dans un centre hospitalier québécois ou qui a été inscrite en chirurgie d'un jour. La base de données APR-DRG comporte de l'information clinico-médicale sur chacun des séjours ayant eu lieu dans les établissements du Québec. Finalement, la base de données des services médicaux rémunérés à l'acte de la RAMQ catalogue tous les actes posés par un médecin et quelques informations complémentaires.

Les données brutes, gracieusement fournies par la Chaire de recherche Industrielle Alliance sur les enjeux économiques des changements démographiques, contiennent de l'information sur tous les patients ayant un numéro d'assurance maladie valide et en vigueur nés en avril ou octobre d'une année impaire admis pour une hospitalisation entre 1995 et 2012 et sur les séjours hospitaliers de ces derniers. Ces restrictions sont nécessaires, car la RAMQ ne permet pas l'extraction d'un échantillon de plus de 135 000 cas par année (voir Côté-Sergent et al., 2016).

Les lignes qui suivent décrivent les manipulations et les hypothèses qui ont été faites afin de collecter et de mettre en commun toutes les variables incluses dans notre modèle. Cette démarche est dévoilée par étape et la source de données est présentée dans les titres de sous-sections.

3.1.1 Collecte des séjours pertinents à l'aide des bases de données MED-ECHO et APR-DRG

La première étape afin de construire notre base de données est d'obtenir les séjours pour lesquels un patient a été admis pour un infarctus du myocarde. Ainsi, parmi les 1,6 million de séjours contenus dans nos données brutes, nous gardons tous les séjours pour lesquels le diagnostic d'admission ou le diagnostic principal est un infarctus du myocarde. Suite à cette étape, nous nous retrouvons avec 24 322 observations. Les séjours sont codés numériquement et nous avons les numéros banalisés du patient et de l'établissement associés à chaque séjour.

Après avoir obtenu les séjours pertinents à notre recherche, les prochaines étapes permettent d'ajouter de l'information à nos observations.

3.1.2 Collecte des dates de séjour à l'aide de la base de données MED-ECHO

La deuxième étape consiste simplement à obtenir les dates d'entrées et de sorties des patients pour chaque séjour. Afin d'être le plus clair possible pour le reste de ce texte, lorsque nous évoquerons les observations pour une année précise, par exemple 1999, nous discuterons, à ce moment, des observations pour lesquelles le séjour a débuté en 1999. En d'autres mots, les observations de 1999 sont les observations pour lesquelles les patients ont été admis en 1999.

3.1.3 Collecte des services rendus aux patients à l'aide de la base de données de la RAMQ

C'est à la troisième étape que nous créons une variable afin de savoir si un patient a reçu un traitement d'angioplastie au cours de son séjour. Nous avons d'abord attaché tous les services rendus aux patients lors des séjours pertinents à notre recherche. Nous avons ensuite créé une variable dichotomique qui prend la valeur de 1 lorsque le patient a reçu un traitement d'angioplastie au cours de son séjour.

3.1.4 Collecte des montants facturés à l'aide de la base de données de la RAMQ

À la quatrième étape, nous calculons le montant total des services facturés par les médecins à la RAMQ pour chaque séjour. Comme nous avons tous les services rendus aux patients lors de la dernière étape, une simple somme des montants facturés nous donne une estimation des coûts de chaque séjour dans un centre hospitalier. Ces sommes sont par la suite calculées en dollars constants de 2002.

3.1.5 Création de notre variable « survie » à l'aide de la base de données MED-ECHO

La cinquième étape consiste à créer une variable que nous appellerons « survie ». Nous définissons cette variable comme suit: variable dichotomique qui prend la valeur de 1 si le patient a survécu toute l'année civile suivant l'année d'entrée de son séjour à l'hôpital pour un infarctus. Plus précisément, si un patient est admis pour un infarctus en 2000, notre variable survie prendra la valeur 1 si le patient n'est pas décédé dans un hôpital en 2000 ou 2001. Nous considérons donc qu'il a survécu plus de 1 an après son infarctus. Comme nous avons les informations sur tous les séjours des patients admis pour une hospitalisation entre 1995 et 2012, il est possible de savoir si le patient est décédé dans un hôpital au cours de cette période. Il est important de noter que nos données répertorient seulement les décès des patients dans les hôpitaux. Si un patient décède en dehors d'un séjour à l'hôpital, il est impossible pour nous de le trouver dans nos données. De ce fait, nous ne pouvons créer une variable de survie extrêmement précise. Toutefois, nous ne croyons pas que cela cause d'erreurs dans nos estimations puisqu'il est réaliste de croire que peu de patients ayant fait un infarctus du myocarde décéderont à l'extérieur d'un hôpital. Leurs conditions de santé font en sorte qu'ils décèderont probablement au cours d'un séjour dans un hôpital.

3.1.6 Collecte des variables de contrôle à l'aide des bases de données MED-ECHO et APR-DRG

Dans la dernière étape, nous ajoutons des variables provenant directement de deux sources de données, incluant l'âge, le sexe et la gravité de la situation des patients. Nous joignons aussi des variables dichotomiques sur les diagnostics antérieurs des patients de cinq grandes catégories de maladies, soit les maladies cardiaques, les maladies pulmonaires, l'hypertension, les arrêts cardio-vasculaires et le diabète. Ainsi, si le patient a déjà été diagnostiqué pour une de ses maladies, la variable prend la valeur de 1, et 0 sinon.

Pour terminer, nous ajoutons le niveau d'intensité relative des ressources utilisées (NIRRU). Le NIRRU est une estimation du volume relatif des ressources utilisées lors d'une hospitalisation selon le niveau de gravité et le groupe de diagnostics ayant des caractéristiques comparables (DRG). Ainsi, lorsque nous regardons le NIRRU par cas, un NIRRU plus élevé indique un cas plus lourd du point de vue des besoins de services. La finalité du NIRRU est d'évaluer les coûts théoriques, ou la valeur économique, des soins offerts à un patient lors d'une hospitalisation (Daneault et Fournier, 2014).

3.1.7 Autres manipulations

Une fois la base de données créée, quelques autres manipulations doivent être faites avant de pouvoir faire une analyse descriptive et d'estimer des modèles économétriques. Tout d'abord, les séjours de 2012 doivent être retirés car nous ne pouvons calculer notre variable « survie »; nous ne pouvons savoir si le patient est décédé en 2013. Nous devons aussi laisser tomber les données de 1995 puisqu'il manque les données sur la gravité de la situation des patients et le NIRRU. Finalement, nous avons laissé tomber les observations qui se retrouvent dans un établissement de santé comptant moins de 250 observations dans nos données ce qui nous permettra d'avoir moins d'erreur de mesure lorsque nous générerons des données par établissement de santé.

En définitive, notre base de données compte 14 266 observations réparties sur 16 ans dans 32 établissements de santé.

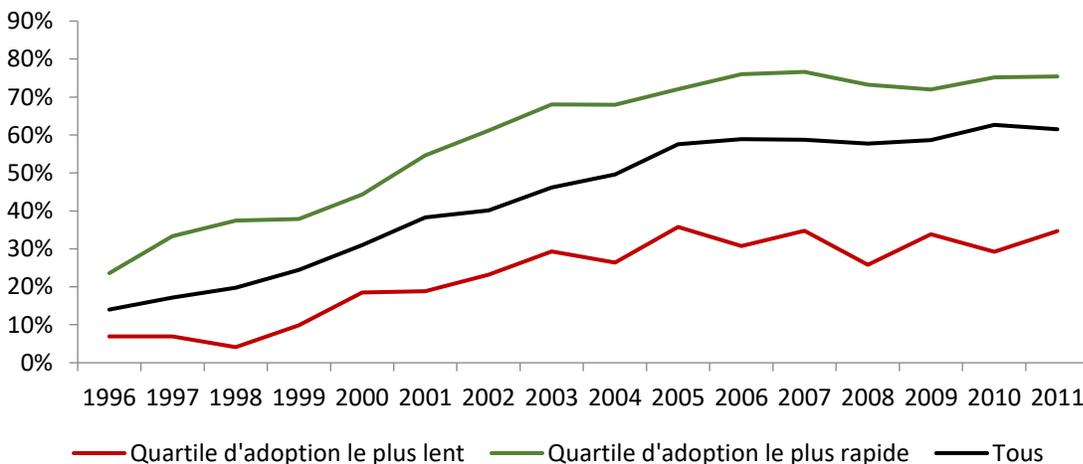
3.2 Analyse descriptive

Puisque nous souhaitons analyser l'impact de l'adoption de nouvelles technologies sur la survie et les coûts, nos modèles seront bâtis avec différentes variables dépendantes. Notre variable « survie » sera évidemment une de celles-ci ainsi que nos variables nous permettant d'estimer le coût d'un séjour à l'hôpital, soit les montants totaux des services facturés par les médecins à la RAMQ et les NIRRU.

Avant de regarder l'évolution à travers le temps de nos variables dépendantes, il est intéressant d'analyser le comportement de la variable centrale de cette recherche, soit le niveau d'adoption de nouvelles technologies, ou, plus précisément pour nous, l'adoption des traitements d'angioplastie. Nous avons démontré dans le chapitre précédent pourquoi le choix d'utiliser les traitements d'angioplastie était acceptable.

La figure 2 montre la part annuelle de patients ayant subi infarctus du myocarde admis dans les établissements que nous étudions qui ont reçu un traitement d'angioplastie entre 1996 et 2011. Nous constatons clairement une hausse soutenue de la part de patients recevant des traitements d'angioplastie entre 1996 et 2005 alors que de 2006 à 2011, la part de patients recevant des traitements d'angioplastie est plutôt constante.

Figure 2: Évolution de la fraction de patients ayant reçu un traitement d'angioplastie par quartile d'adoption de la technologie, 1996-2011



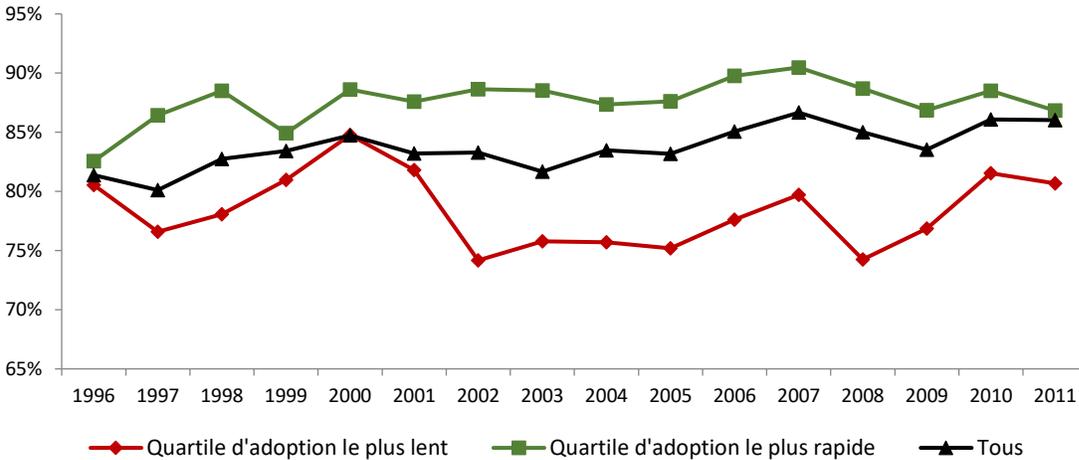
Un peu à la manière de Skinner et Staiger (2015), l'analyse par quartile de diffusion peut être intéressante. En séparant les établissements de santé que nous étudions en quartiles

d'adoption de la technologie, c'est-à-dire par la part de patients recevant un traitement d'angioplastie sur l'ensemble de notre période d'étude, nous constatons que les quartiles extrêmes suivent une tendance semblable à celle de l'ensemble des établissements étudiés: après une hausse marquée de 1996 à 2005, la part de patients recevant un traitement d'angioplastie stagne après 2006. Cependant, ce n'est pas le constat le plus intéressant. Nous remarquons que l'écart se creuse entre les niveaux d'adoption du premier et dernier quartile. Ce pourrait être un premier indice qu'il n'y a pas de convergence dans les niveaux d'adoption de la technologie à long terme. Une analyse plus approfondie de cette idée est présentée au sixième chapitre.

Autre constat intéressant: en moyenne, les hôpitaux ayant admis plus de patients ayant subi un infarctus du myocarde ont un taux d'adoption de la technologie élevé. Ce constat ouvre des questions qui sortent du cadre de cette recherche, mais tout de même pertinentes; y aurait-il des économies d'échelle à adopter les traitements d'angioplastie, ou les gains de productivité tels qu'imaginés par Chandra et Staiger (2007) seraient-ils plus importants dans les grands établissements lorsqu'ils se spécialisent dans les traitements chirurgicaux?

L'analyse graphique de notre variable de survie ne donne pas des tendances aussi claires mais offre tout de même des résultats intéressants. Dans un premier temps, nous remarquons rapidement que les hôpitaux ayant un taux d'adoption de la technologie plus grand obtiennent de meilleurs résultats et, qu'à l'inverse, les hôpitaux ayant un taux d'adoption de la technologie plus lent obtiennent de moins bons résultats (figure 3). Ces résultats se rapprochent de ce que Skinner et Staiger (2015) ont trouvé.

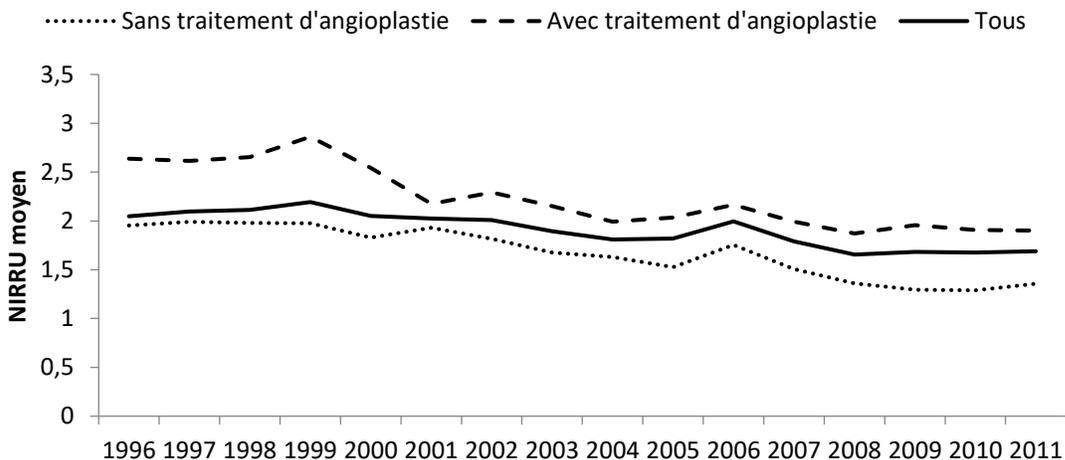
Figure 3: Évolution du taux de survie par quartile d'adoption de la technologie, 1996-2011



Ensuite, nous pouvons voir que pour notre base de données complète, le taux de survie est en légère hausse sur notre période d'étude. De manière tendancielle, il augmente de 0,3% par année entre 1996 et 2011.

L'analyse graphique de nos deux autres variables dépendantes, soit les montants totaux des services facturés par les médecins à la RAMQ et les NIRRU, nous offre des premiers indices sur les résultats attendus de notre modèle. En regardant l'évolution des coûts selon l'utilisation de l'angioplastie, nous aurons un premier aperçu de l'impact de la technologie sur les coûts.

Figure 4: Évolution du NIRRU moyen par séjour selon l'utilisation de l'angioplastie, 1996-2011



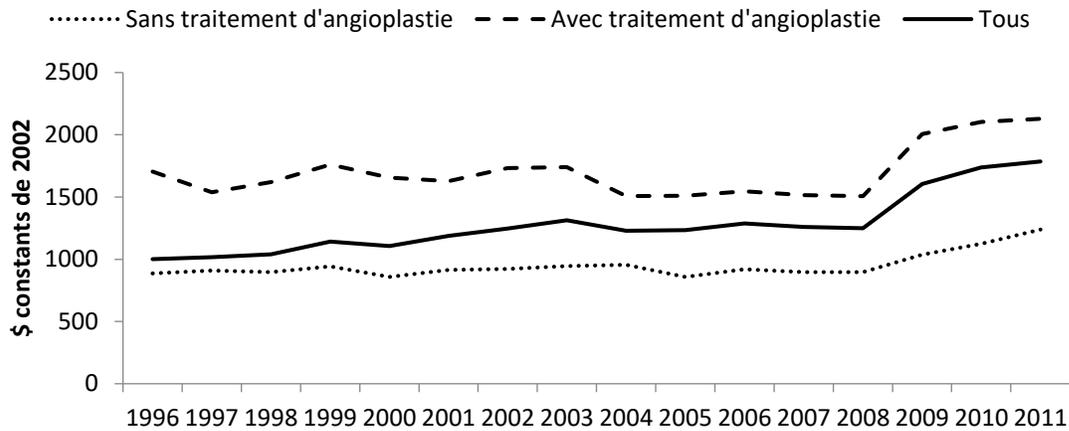
Tout d'abord, nous observons que le NIRRU moyen a une tendance décroissante sur notre période d'étude (figure 4). Cela fait du sens considérant que les traitements de l'infarctus du myocarde se sont améliorés entre 1996 et 2011 permettant ainsi aux hôpitaux de traiter leurs patients avec moins de ressources.

Nos constats de la comparaison du NIRRU moyen selon l'utilisation de l'angioplastie sont aussi alignés avec les résultats que nous observons dans la littérature: les patients qui subissent des traitements chirurgicaux nécessitent plus de ressources en moyenne. Les montants facturés par les médecins sont, eux aussi, plus élevés lorsqu'il y a un traitement d'angioplastie durant le séjour du patient, ce qui n'est pas surprenant (figure 5).

Sur notre période d'étude, les montants facturés par les médecins lors des séjours de patients atteints d'un infarctus du myocarde étaient en faible hausse jusqu'en 2009, année durant laquelle les montants facturés ont fait un bond impressionnant. Cette hausse importante est explicable par une politique gouvernementale et montre que nos données sont cohérentes.

Suite à des ententes conclues en 2007 entre le gouvernement québécois et les fédérations médicales, le Gouvernement du Québec consentait à offrir des augmentations de salaire aux médecins dans le but d'effacer l'écart entre la rémunération moyenne des médecins québécois et des médecins canadiens. Les médecins auraient obtenu, entre 2007 et 2014, des augmentations annuelles moyennes de 6,1% (Hébert, 2016). Nos résultats sont aussi en ligne avec ce qu'ont trouvé Contandriopoulos et Perroux dans un article publié en 2013. En effet, à partir de données de la RAMQ, les chercheurs constatent une forte hausse des coûts reliés aux services offerts par les médecins à partir de 2009 sans que le nombre total de services augmente (Contandriopoulos et Perroux, 2013). C'est exactement ce que nous pouvons remarquer dans nos données, alors que l'offre de services varie peu sur notre période d'étude, il y a une forte hausse des coûts à partir de 2009.

Figure 5: Évolution des montants moyens facturés par les médecins par séjour selon l'utilisation de l'angioplastie, dollars constants de 2002, 1996-2011



Finalement, le tableau 1 présente les statistiques descriptives de nos variables de contrôle. Seulement le tiers de nos observations sont des femmes et la moyenne d'âge des patients lors de leur séjour est de 66,7 ans. Nous constatons que presque tous les patients atteints d'un infarctus du myocarde avaient un diagnostic antérieur de maladies cardiaques alors que seulement 4% d'entre eux avaient subi un A.C.V. avant d'être admis dans un hôpital pour un infarctus.

Tableau 1: Statistiques descriptives des variables de contrôle des modèles

Variable	Nombres d'observations	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Âge	14 266	66.69	13.89	17	104
Femme	14 266	0.34	0.47	0	1
Diagnostics précédents d'A.C.V.	14 266	0.04	0.20	0	1
Diagnostics précédents d'hypertension	14 266	0.46	0.50	0	1
Diagnostics précédents de maladies pulmonaires	14 266	0.06	0.25	0	1
Diagnostics précédents de maladies cardiaques	14 266	0.98	0.13	0	1
Diagnostics précédents de diabète	14 266	0.25	0.43	0	1

Le tableau 2 présente la part des séjours dans notre base de données selon la gravité de la situation. Dans un peu plus du tiers des cas, la gravité de la situation est jugée faible alors que la gravité est extrême dans seulement 8% des cas.

Tableau 2: Part des séjours selon la gravité de la situation

Gravité de la situation	Part des séjours
faible	35%
modéré	37%
élevé	20%
extrême	8%

4. Modèle

La visée de cette recherche, telle qu'exposée dans les chapitres précédents, est d'étudier le lien entre les résultats des hôpitaux ainsi que les coûts et l'adoption des technologies. Le troisième chapitre présente les données et leurs spécificités, ce qui nous permet de détailler clairement notre modèle avec ses faiblesses et ses limites.

4.1 Modélisation de l'adoption des nouvelles technologies et l'impact sur les résultats des hôpitaux

Notre modèle s'inspire grandement des résultats de Skinner et Staiger (2015) et de Fuchs (2004). La pertinence de cette recherche est de présenter une modélisation de l'adoption des nouvelles technologies afin de mesurer son impact sur la survie des patients.

Nous régressons ainsi les résultats des hôpitaux, soit la survie des patients ayant subi un infarctus du myocarde dans le cadre de cette recherche, sur un indice d'adoption des nouvelles technologies et des variables de contrôle. Comme l'a présenté Fuchs (2004) dans son article, les différences dans la survie des patients sont principalement déterminées par des facteurs « non-médicaux ». C'est pourquoi notre modèle inclut des variables de contrôle telles que l'âge et le sexe du patient.

Notre indice de l'adoption des nouvelles technologies correspond à la part des patients ayant reçu un traitement d'angioplastie dans un hôpital donné pour une année donnée. Plus précisément :

$$a_{i,t} = \frac{g_{i,t}}{n_{i,t}}. \quad (1)$$

où, $a_{i,t}$ est notre indice de l'adoption des nouvelles technologies pour l'hôpital i au temps t . La variable $g_{i,t}$ correspond au nombre de séjours durant lesquels le patient a subi un traitement d'angioplastie à l'hôpital i au temps t . La variable $n_{i,t}$ correspond au nombre de séjours à l'hôpital i au temps t . Ainsi, la variable $a_{i,t}$ nous permet de voir le niveau annuel d'adoption des nouvelles technologies. Nous aurions pu remplacer le nombre de séjours, dans cette équation, par le nombre annuel de patients uniques.

Comme nous l'avons mentionné au deuxième chapitre, le choix d'utiliser seulement l'angioplastie pour le calcul de notre indice est valable puisque c'est un traitement répandu et efficace. Toutefois, dans une situation idéale, nous posséderions plus d'informations sur les traitements fournis aux patients, notamment sur les traitements médicaux présentés au deuxième chapitre, ce qui nous permettrait de diversifier et de préciser notre indice d'adoption de la technologie en calculant la part de patients recevant différents traitements efficaces. Avec plus d'informations sur les traitements reçus, il serait aussi possible de modéliser, à l'aide de modèles économétriques, l'adoption des nouvelles technologies comme l'ont fait Skinner et Staiger (2015) en utilisant un modèle d'analyse factorielle.

C'est à l'aide de notre indice d'adoption de la technologie que nous pouvons estimer l'impact de l'adoption de la technologie sur la survie. Dans un premier temps, nous observons si les hôpitaux qui ont adopté plus rapidement la technologie obtiennent de meilleurs résultats afin de se rapprocher de l'idée et du modèle de Skinner et Staiger (2015). Nous estimons alors le modèle suivant:

$$s_{l,i,t} = Z_l\beta_1 + Y_t\beta_2 + R_i\beta_3 + a_{i,1996}\alpha_1 + \varepsilon_{l,i,t}. \quad (2)$$

Dans cette équation, la variable dépendante est notre variable de survie décrite au chapitre précédent, soit une variable dichotomique qui prend la valeur de 1 si le patient a survécu toute l'année de calendrier suivant l'année d'entrée de son séjour l à l'hôpital i au temps t . Comme nos unités d'observation sont les séjours, l'indice l permet de différencier chaque séjour. Les indices i et t nous permettent d'associer chaque séjour à l'hôpital et l'année correspondante. La matrice Z_l correspond à une matrice des caractéristiques individuelles du patient associé au séjour l . Le vecteur Y_t est un vecteur de variables dichotomiques qui prennent la valeur de 1 lorsque l'année t correspond à celle de l'observation et 0 autrement. Le vecteur R_i est un vecteur de variables dichotomiques qui prennent la valeur de 1 lorsque la région administrative de l'hôpital i correspond à celle de l'observation et 0 autrement. β_1 , β_2 et β_3 sont des vecteurs de coefficients. La variable $a_{i,1996}$ correspond au niveau d'adoption des nouvelles technologies pour l'hôpital i en 1996, soit la première année de notre base de donnée. Les résultats du coefficient α_1 nous permettent d'estimer si le fait qu'un hôpital ait adopté la technologie rapidement lui permet d'obtenir des meilleurs résultats tout au long de la période d'étude. Rappelons que Skinner et Staiger (2015)

montrent que les hôpitaux qui adoptent plus rapidement les technologies obtiennent de meilleurs résultats. Nos données semblent aussi pointer dans le même sens comme nous avons pu le constater à l'aide la figure 3 présentée au chapitre précédent.

Par la suite, nous souhaitons observer l'impact du niveau d'adoption des technologies à un point dans le temps sur les résultats des hôpitaux. Alors que notre premier modèle nous permet de voir si les hôpitaux qui adoptent la technologie plus rapidement obtiennent de meilleurs résultats, celui qui suit nous permet d'observer si les hôpitaux qui ont un niveau d'adoption de la technologie plus élevé obtiennent de meilleurs résultats pour une période de temps donné. Ainsi, nous estimons le modèle suivant :

$$s_{l,i,t} = Z_l\beta_1 + Y_t\beta_2 + R_i\beta_3 + a_{i,t}\alpha_1 + \varepsilon_{l,i,t}. \quad (3)$$

Dans cette équation, la variable $s_{l,i,t}$ et les matrices Z_l , Y_t et R_i sont les mêmes qu'à l'équation (2). β_1 , β_2 et β_3 sont des vecteurs de coefficients. La variable $a_{i,t}$ est notre indice de l'adoption des nouvelles technologies pour l'hôpital i au temps t . Les résultats du coefficient α_1 nous permettront de répondre à notre question de recherche, soit d'observer si le niveau d'adoption des technologies a un impact sur les résultats d'un hôpital. Il est permis de croire, à la lumière des résultats présentés au chapitre 2, qu'un hôpital qui a un niveau d'adoption de la technologie plus élevé au moment de l'admission d'un patient obtiendra de meilleurs résultats.

Par ailleurs, nous évitons de régresser la survie sur les caractéristiques individuelles des patients et la variable dichotomique permettant de savoir si les patients ont reçu un traitement d'angioplastie au cours de leurs séjours, car cette dernière variable serait endogène dans ce modèle.

4.2 Les coûts et l'adoption de la technologie

De la même manière que nous estimons l'impact de l'adoption de la technologie sur la survie des hôpitaux, nous analysons l'effet du niveau l'adoption de la technologie sur les

coûts⁵. Tel que présenté au troisième chapitre, nous avons deux variables pour estimer les coûts des séjours.

Ainsi, dans un premier temps, nous estimons le modèle suivant:

$$c_{l,i,t} = Z_l\beta_1 + Y_t\beta_2 + R_i\beta_3 + \alpha_{i,t}\alpha_1 + \varepsilon_{l,i,t} \quad (4)$$

où c_{lit} correspond à la somme des services facturés par les médecins à la RAMQ pour chaque séjour l à l'hôpital i au temps t . La partie droite de l'équation est la même que la partie droite de l'équation (3) présentée à la section précédente.

Par la suite, nous répétons la même méthodologie avec le NIRRU, soit le niveau d'intensité relative des ressources utilisées, comme variable dépendante. L'équation se présente comme suit:

$$nirru_{l,i,t} = Z_l\beta_1 + Y_t\beta_2 + R_i\beta_3 + \alpha_{i,t}\alpha_1 + \varepsilon_{l,i,t}. \quad (5)$$

Les équations (4) et (5) nous permettent d'évaluer si les hôpitaux qui ont des niveaux d'adoption de la technologie plus élevés ont des coûts plus élevés. Encore une fois, les résultats du coefficient α_l nous permettront de tirer des conclusions. Si le coefficient α_l s'avère positif et significatif, nous pouvons croire qu'un niveau plus élevé d'adoption de la technologie entraîne des coûts plus élevés.

4.3 Autres informations sur la méthodologie

Pour les équations (2) à (5), nous faisons l'hypothèse que la variable de survie des patients et l'indice de l'adoption des nouvelles technologies ne sont pas corrélés avec le terme d'erreur. Toutefois, il serait possible que cette hypothèse entraîne un biais de variable omise, dans le cas où une caractéristique d'hôpitaux influencerait la survie des patients et l'indice de l'adoption des nouvelles technologies.

Nos équations (2) et (3) sont des modèles de probabilité linéaire alors qu'il aurait été possible de faire une régression logistique dans ces cas. Puisque les probabilités que nous estimons, sachant la valeur des régresseurs de nos modèles, ne sont pas extrêmes, le

⁵ Puisque les résultats de notre régression de l'équation (2) n'étaient pas significatifs, nous avons choisi de ne pas présenter un modèle qui aurait estimé l'effet du niveau l'adoption de la technologie en 1996 sur les coûts.

modèle de probabilité linéaire convient aussi bien que le modèle logistique. Ainsi, dans le but de faciliter l'interprétation des données, le choix d'estimer des modèles linéaires est préférable.

Afin de nous assurer d'avoir des écarts-types robustes, nous estimons nos régressions en utilisant des écarts-types regroupés⁶ par établissement de santé. Nous utilisons cette méthode car nous jugeons que les variables inobservables n'affectent pas les observations individuellement. À l'intérieur d'un établissement de santé, les observations sont affectées uniformément par les phénomènes inobservables. Toutefois, les groupes d'observations sont indépendants les uns des autres.

En terme plus scientifique, les variables inobservables pour les séjours dans un même hôpital sont corrélées. Pensons, par exemple, à la compétence des médecins qui est la même pour tous les séjours dans le même hôpital. À l'inverse, les variables inobservables pour les séjours dans des hôpitaux différents ne sont pas corrélées. Nous assumons, ainsi, une indépendance entre les groupes (les hôpitaux) mais pas entre les observations faisant partie du même groupe.

Comme il a été présenté plus tôt, nous avons aussi inclus dans notre modèle des variables dichotomiques de régions et de temps pour capturer les effets fixes. Le choix d'inclure des variables dichotomiques de régions plutôt que des variables dichotomiques d'hôpitaux pourrait être questionné. Toutefois, si nous avons une variable dans nos modèles qui varie seulement à travers les hôpitaux et pas dans le temps, alors rajouter les variables pour capturer les effets fixes d'hôpitaux fera disparaître la variable du modèle. De plus, il est réaliste de croire que les effets fixes de régions captent les facteurs non médicaux que nous tentons de contrôler, tel que les conditions socioéconomiques des patients ou l'influence régionale des préférences des médecins (Frakt et Skinner, 2017).

⁶ Traduction libre de « *clustered standard-error* ».

5. Résultats

5.1 L'impact de l'adoption de nouvelles technologies sur les résultats des hôpitaux

Le tableau 3 présente les résultats de nos modèles estimant l'impact de l'adoption des nouvelles technologies sur les résultats des hôpitaux. La première colonne du tableau expose les résultats de l'estimation de nos modèles sans l'une ou l'autre de nos variables d'intérêt.

Variable dépendante	Modèle (2)		Modèle (3)
	Survie	Survie	Survie
Âge	-0.006 (-20.4)	-0.006 (-20.37)	-0.006 (-20.64)
Femme	-0.016 (-1.92)	-0.015 (-1.91)	-0.015 (-1.86)
Diagnostiques antérieurs			
A.C.V.	-0.067 (-3.54)	-0.067 (-3.54)	-0.066 (-3.44)
Hypertension	0.028 (4.38)	0.028 (4.34)	0.028 (4.34)
Maladies pulmonaires	-0.004 (-0.24)	-0.004 (-0.22)	-0.002 (-0.14)
Maladies cardiaques	0.001 (0.14)	0.000 (0.02)	-0.002 (-0.15)
Diabètes	-0.033 (-4.11)	-0.033 (-4.11)	-0.033 (-4.1)
Gravité de la situation			
Faible	0.425 (27.06)	0.425 (27.09)	0.424 (27.31)
Modéré	0.399 (25.65)	0.399 (25.6)	0.398 (25.64)
Élevé	0.245 (20.06)	0.245 (20)	0.245 (20.02)
Variables d'intérêt			
Niveau d'adoption de la technologie en 1996		0.038 (0.75)	
Niveau d'adoption de la technologie au temps t pour l'hôpital i			0.087 (3.66)
Constante	0.901 (29.55)	0.893 (28.22)	0.878 (27.88)
N	14 266	14 266	14 266
R ²	0.234	0.234	0.235

Note - Les valeurs de la t-stat sont présentées entre parenthèses sous les coefficients. Les variables dichotomiques de régions et d'années (effets fixes) sont incluses dans toutes les régressions, mais ne sont pas présentées dans ce tableau. Les résultats complets sont présentés en annexe.

Tel que mentionné au dernier chapitre, la variable dépendante est notre variable dichotomique de survie. Elle prend la valeur de 1 lorsque le patient a survécu toute l'année civile suivant l'année d'entrée de son séjour à l'hôpital pour un infarctus. Tout d'abord, nous constatons que tous les coefficients des variables de contrôle ont des valeurs très près dans les trois modèles présentés au tableau 3. Ainsi, nous discuterons de la magnitude des effets et du signe des coefficients à partir du modèle (3) puisque c'est celui qui s'avère le plus intéressant pour cette recherche.

Comme nous pouvions nous y attendre, plus un patient est âgé au moment de son admission dans un hôpital pour un infarctus du myocarde, plus ses chances de survie diminuent. Pour chaque année de vie supplémentaire, les chances de survivre d'un patient diminuent, en moyenne, de 0,6 point de pourcentage. C'est une variation mineure sachant qu'en moyenne, les probabilités de survie sont de 83% sur la période étudiée. Néanmoins, la variation peut devenir rapidement substantielle lorsque l'on compare des patients qui ont 10 ou 20 ans d'écart toutes choses étant égales par ailleurs. Le sexe du patient, quant à lui, n'a pas d'effet statistiquement significatif sur la survie suite à un séjour à l'hôpital.

Trois de nos cinq variables dichotomiques de diagnostics antérieurs sont significatives. Alors que les coefficients des variables de diagnostics antérieurs d'A.C.V. et de diabète vont dans le sens attendu, celui de diagnostics antérieurs d'hypertension a un signe positif. Par conséquent, quelqu'un souffrant d'hypertension serait plus susceptible de survivre un an après avoir subi un infarctus. Cela pourrait dû au fait que ces patients sont plus sensibilisés aux risques des infarctus et sont mieux informés sur les actions à prendre lorsqu'ils en subissent un. Leurs probabilités de survie sont de presque 3 points de pourcentage plus élevé que les patients n'ayant pas été diagnostiqués pour de l'hypertension avant de subir un infarctus. À l'inverse, les probabilités de survivre des patients ayant préalablement été diagnostiqués pour un A.C.V. ou le diabète sont respectivement de 6,6 et 3,3 points de pourcentage plus faible en moyenne, toutes choses étant égales par ailleurs.

Les coefficients des variables dichotomiques indiquant la gravité de la situation ont tous des signes positifs, ce qui était prévisible considérant que la variable de gravité de la situation omise est celle de gravité extrême. De surcroît, nous remarquons que plus une

situation est grave, plus les chances de survie du patient s'amenuisent. Un patient qui est admis dans une situation faiblement grave a une probabilité de survivre d'environ 42 points de pourcentage plus grande qu'un patient qui est dans une situation extrême. Cet écart est énorme. Toutes choses étant égales par ailleurs, il est concevable qu'un patient admis dans une situation de gravité faible ait près de deux fois plus de chance de survivre qu'un patient admis dans une situation extrême.

La dernière composante du modèle (2), soit le niveau d'adoption de la technologie par hôpitaux en 1996, nous permet d'observer si un hôpital qui adopte rapidement les nouvelles technologies obtient de meilleurs résultats. Les résultats de Skinner et Staiger (2015) montrent que le quintile des hôpitaux qui ont tendance à adopter les nouvelles technologies le plus rapidement a un taux de survie 3,3% plus élevé que le quintile dans lequel les hôpitaux adoptent les nouvelles technologies le plus lentement. Nos résultats ne donnent pas une réponse aussi claire, mais les résultats ne sont pas pour autant inintéressants.

Le coefficient positif de notre indice d'adoption des nouvelles technologies en début de période, soit en 1996, indiquerait que nous pourrions retrouver des résultats semblables à ceux de Skinner et Staiger dans le système de santé québécois. Les patients admis dans un hôpital qui a adopté la technologie plus rapidement ont plus de chance de survivre. Toutefois, le coefficient n'est pas statistiquement significatif. Ainsi, nous ne pouvons conclure avec confiance.

L'interprétation du coefficient doit être faite de façon prudente. Comme notre variable d'intérêt est continue, constante dans le temps et prend des valeurs entre 0 et 1, il est impertinent de considérer l'effet d'une augmentation d'une unité de la variable. Il faut plutôt regarder cette variable comme une variable muette qui fait varier la probabilité moyenne de survie des patients par hôpital. L'écart entre l'indice d'adoption des nouvelles technologies en début de période de l'hôpital le plus rapide et le plus lent est d'environ 0,57. Ainsi, nous estimons que les patients admis dans l'hôpital qui a adopté la technologie le plus rapidement ont, en moyenne, une probabilité de survivre un an après leur séjour d'environ 2,2 points de pourcentage plus grande que les patients admis dans l'hôpital qui a adopté la technologie le plus lentement.

Quelles seraient les implications d'un tel résultat? Tout d'abord, s'il y a un écart persistant dans la vitesse d'adoption des nouvelles technologies entre les établissements de santé, cela signifierait que certains établissements obtiendraient toujours de meilleurs résultats. Une telle conclusion indiquerait qu'il est important d'encourager l'adoption rapide de traitements efficaces. Bien que cela semble évident, nous constatons en regardant les résultats d'études sur le sujet que ce n'est pas toujours le cas. Les résultats discutés par Skinner et Staiger (2015) et Frakt et Skinner (2017) présentés au deuxième chapitre en sont des exemples.

Puisque notre modèle (2) ne nous permet pas de conclure avec assurance, notre modèle (3) nous permet d'analyser sous un autre angle notre question de recherche. La variable d'intérêt de ce modèle est le niveau d'adoption technologique par hôpital et par année. Cette variable est continue et prend des valeurs entre 0 et 1. Comme pour la variable d'intérêt du modèle (2), l'analyse de la variation d'une unité du niveau d'adoption de la technologie au temps t pour l'hôpital i ne fait que très peu de sens. Sur toute la période étudiée, la valeur moyenne de la variable est 0,46 et l'écart-type est 0,24.

Le coefficient positif et significatif de la variable d'intérêt du modèle (3) montre que plus le niveau d'adoption de la technologie de l'hôpital est élevé au moment de l'admission, plus les chances de survie du patient augmentent *ceteris paribus*. Compte tenu de ce qui précède, une différence d'un écart-type de la variable d'intérêt du modèle (3) se traduit par un écart d'environ 2% des chances de survie des patients admis dans les hôpitaux et/ou les années comparés.

À partir de ses résultats, nous pouvons conclure que l'adoption de la technologie a un effet positif non-négligeable sur les résultats des établissements de santé. En remettant ces résultats dans le contexte de notre recherche, cela implique que, comme Skinner et Staiger (2015), les résultats suggèrent que l'adoption de la technologie doit être prise en compte dans les modèles de productivité des hôpitaux. Nous ne pouvons vérifier les implications de ces résultats sur la productivité des facteurs de production dans le système de santé québécois vu le manque de données sur les traitements médicaux tel qu'exposé au troisième chapitre. Néanmoins, ces résultats offrent un point de départ intéressant pour des recherches futures qui se pencheraient sur un sujet semblable.

5.2 L'impact de l'adoption de nouvelles technologies sur les coûts

L'analyse de l'impact de l'adoption de nouvelles technologies sur les coûts doit être faite de façon vigilante dans le contexte de cette recherche. Premièrement, il faut considérer comment notre indice d'adoption de la technologie est créé. Puisqu'elle est créée à partir d'un traitement dit « chirurgical », nous pouvons nous attendre à ce que l'adoption de la technologie augmente les coûts comme l'ont montré Chandra et Staiger (2007) et Skinner et Staiger (2015). Toutefois, il serait inexact d'avancer que l'adoption de toutes les nouvelles technologies augmente les coûts. Nous ne pouvons le vérifier dans le cadre de cette recherche, mais à la lumière des résultats de Skinner et Staiger (2015), il est probable que l'adoption de certaines technologies diminue les coûts. Deuxièmement, même si l'adoption des nouvelles technologies augmente les coûts, il est possible que le jeu en vaille la chandelle. Il faut alors mesurer le coût de sauver une vie supplémentaire.

Le tableau 4 présente les résultats de nos modèles estimant l'impact de l'adoption des nouvelles technologies sur les coûts. La première colonne du tableau présente les résultats de l'estimation du modèle ayant les montants facturés par les médecins comme variable dépendante alors que la deuxième colonne présente les résultats du modèle pour le niveau d'intensité relative des ressources utilisées.

Sur la période étudiée, le montant facturé moyen par les médecins est de 1 296,07\$ par séjour avec un écart-type de 1 145,63\$. Dans le modèle (4), nous constatons que nos coefficients pour les variables d'âge et de sexe sont négatifs et statistiquement significatifs. Ainsi, pour un patient plus âgé, les médecins factureront de moins grosses sommes, toutes choses étant égales par ailleurs. Ceci peut s'expliquer du fait que les patients plus âgés sont moins susceptibles de subir des chirurgies vu leurs états de santé souvent plus fragiles. Par conséquent, les médecins exécuteront, et factureront, moins d'actes ou, du moins, des actes moins coûteux. Le sexe du patient a un impact très faible sur le montant facturé par les médecins pour un séjour: en moyenne, les médecins facturent 56,17\$ de moins par séjour lorsque le patient est une femme. Tous les coefficients associés aux variables de diagnostics antérieurs des patients sont non-significatifs.

Tableau 4: Résultats des régressions estimant la relation entre l'adoption de nouvelles technologies et les coûts

Variable dépendante	Modèle (4) Montants facturés par les médecins	Modèle (5) Nirru
Âge	-11.497 (-9.72)	-0.003 (-1.91)
Femme	-56.171 (-2.34)	-0.018 (-0.58)
Diagnostiques antérieurs		
A.C.V.	130.662 (1.11)	0.211 (2.05)
Hypertension	28.488 (1.2)	0.036 (1.73)
Maladies pulmonaires	-53.068 (-1.09)	0.108 (1.42)
Maladies cardiaques	-6.221 (-0.22)	-0.008 (-0.11)
Diabètes	30.987 (0.96)	-0.018 (-0.45)
Gravité de la situation		
Faible	-1 389.649 (-8.62)	-2.206 (-12.26)
Modéré	-1 155.291 (-7.99)	-1.936 (-13.32)
Élevé	-805.430 (-7.22)	-1.408 (-11.14)
Variables d'intérêt		
Niveau d'adoption de la technologie au temps t pour l'hôpital i	566.255 (3.9)	0.819 (6.95)
Constante	2 663.117 (11.58)	3.995 (12.67)
N	14 266	14 266
R ²	0.156	0.217

Note - Les valeurs de la t-stat sont présentées entre parenthèses sous les coefficients. Les variables dichotomiques de régions et d'années (effets fixes) sont incluses dans toutes les régressions, mais ne sont pas présentées dans ce tableau. Les résultats complets sont présentés en annexe.

Comme nous pouvions nous y attendre, plus une situation est grave, plus les montants facturés par les médecins sont importants. L'écart entre les différentes situations est toutefois très grand. Nos estimations montrent que la différence de coûts entre une situation de gravité faible et extrême est, en moyenne, de près de 1 400\$. Un tel écart est plus grand que le montant moyen facturé sur toute notre période d'étude! Il est clair que

le déterminant le plus important du montant total des actes faits par les médecins est la gravité de la situation.

Notre variable d'intérêt au modèle (4) estime l'effet du niveau d'adoption des technologies d'un hôpital à un temps donné sur les montants facturés par les médecins. Nous remarquons qu'un hôpital avec un niveau d'adoption des nouvelles technologies plus élevé aura, en moyenne, des montants facturés plus élevés. Comme il l'a été mentionné plus tôt, cela s'explique fortement par la construction de notre indice d'adoption de la technologie. Ainsi, selon notre méthodologie, plus un hôpital adopte les nouvelles technologies, plus elle fait des actes dits « chirurgicaux », et ces actes sont souvent plus coûteux (Skinner et Staiger (2015), Chandra et Staiger (2007)). Tout comme pour le modèle (3) présenté à la section précédente, l'analyse de la variation d'une unité du niveau d'adoption de la technologie au temps t pour l'hôpital i ne fait que très peu de sens puisque la variable ne prend que des valeurs entre 0 et 1. Une différence d'un écart-type de la variable d'intérêt du modèle (4), soit une variation de l'indice de 0,24, représente un écart, par séjour, de 135,90\$ des montants moyens facturés par les médecins dans les hôpitaux et/ou les années comparés.

Les coefficients des variables d'âge et de sexe ne sont pas statistiquement significatifs à un seuil de 5% dans le modèle (5), tout comme quatre des cinq coefficients associés aux variables dichotomiques de diagnostics antérieurs. Seule la variable de diagnostic antérieur d'A.C.V. est significative, indiquant qu'au cours d'un séjour pour un patient ayant reçu un tel diagnostic antérieurement, le niveau d'intensité relative des ressources utilisées est plus grand de 0,21. Le NIRRU moyen de notre base de données est de 1,89 avec un écart-type de 1,49. Ainsi, une variation de 0,21 correspond à un peu plus de 10% du NIRRU moyen.

Les coefficients des variables dichotomiques indiquant la gravité de la situation prennent des valeurs importantes et leurs t -stats associées sont très grandes, ce qui fait du sens considérant que la gravité de la situation est un facteur utilisé pour déterminer la valeur du NIRRU. Les résultats vont dans le sens attendu, alors que le NIRRU augmente lorsqu'une situation s'aggrave. Toutes choses étant égales par ailleurs, la différence

estimée entre le NIRRU lorsque la situation est faiblement grave et extrêmement grave est de 2,21.

L'interprétation du coefficient de la variable d'intérêt du modèle (5) doit être faite avec la même prudence que pour le modèle (4). Le coefficient positif et significatif de la variable du niveau d'adoption de la technologie montre que les hôpitaux ayant un niveau d'adoption de la technologie plus élevé utilisent plus de ressources lors des séjours des patients admis pour un infarctus du myocarde. Toutefois, comme il a été discuté pour l'interprétation du coefficient de la variable d'intérêt du modèle (4), cela s'explique fortement par la manière de construire notre indice d'adoption des technologies.

5.3 Estimation du coût d'une vie sauvée supplémentaire

À l'aide des résultats de nos régressions, il est possible d'estimer le coût de sauver une vie supplémentaire en divisant le coefficient estimant l'impact du niveau d'adoption de la technologie sur la survie par les coefficients appareillés de coûts.

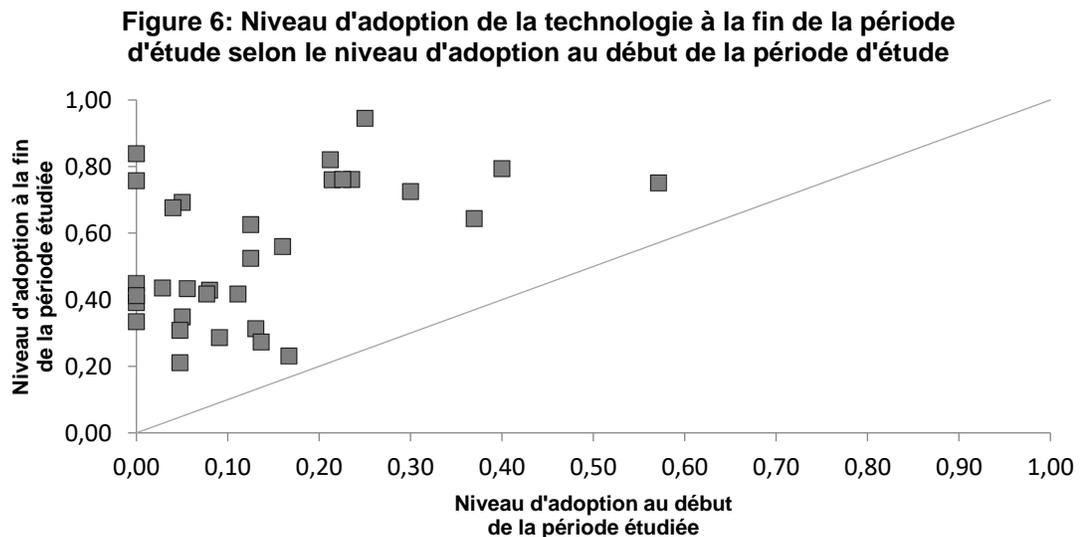
D'une part, nous trouvons que les médecins facturent 6 508,68\$ ($=566,255/0,087$) de plus par vie supplémentaire sauvée suite à une augmentation du taux d'adoption de la technologie. D'autre part, nous estimons que chaque vie sauvée supplémentaire augmenterait le niveau total d'intensité relative des ressources utilisées de 9,41 unités. Une unité du NIRRU coûte environ 3 100\$ durant la période que nous étudions (Bussières et al., 2002). Ainsi, en termes monétaires, ceci signifierait que le coût de sauver une vie de plus en augmentant le taux d'adoption des technologies d'un hôpital serait d'environ 35 700\$, ce qui se compare avantageusement à plusieurs résultats dans la littérature économique sur la valeur d'une vie (voir Skinner et Staiger, 2015).

En se basant sur les coûts moyens des séjours dans notre base de données, il est possible d'évaluer le coût d'améliorer les chances de survie des patients en termes de variation des dépenses. Avec une hausse de 10% du niveau d'adoption de la technologie dans un hôpital pour une année donnée, il faudrait augmenter les dépenses en ressources médicales d'environ 4,4% pour ainsi améliorer les chances de survie des patients de 0,087%. De ce fait, pour 1 000 séjours, l'hôpital sauverait près de 9 vies supplémentaires. En extrapolant pour le Québec à partir de nos données, une hausse de 10% du niveau d'adoption de la

technologie dans les hôpitaux québécois permettraient, en moyenne, de sauver 93 vies de plus annuellement.

5.4 La convergence dans l'adoption des nouvelles technologies

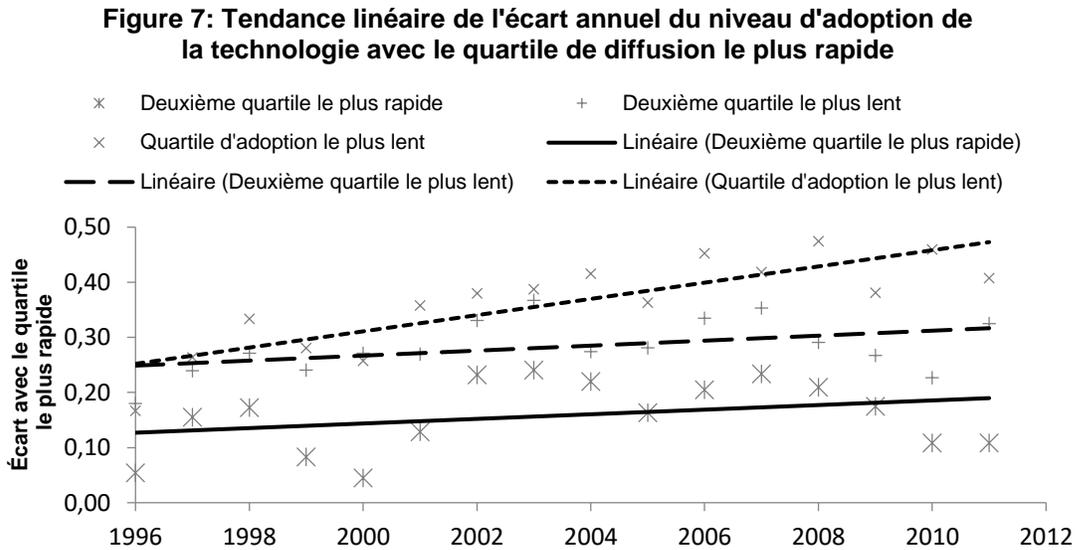
Comme nos résultats montrent que les hôpitaux qui ont un niveau d'adoption de la technologie plus élevé obtiennent de meilleurs résultats, plusieurs questions peuvent être soulevées. Skinner et Staiger (2015) ont montré que l'écart entre les hôpitaux dans la vitesse d'adoption des nouvelles technologies explique, en partie, l'écart persistant dans la survie des patients un an après un infarctus du myocarde. Sans avoir pu valider à l'aide des régressions si la vitesse d'adoption avait un réel impact sur les résultats des hôpitaux, nous savons que le niveau d'adoption de la technologie au moment de l'admission d'un patient a un effet sur ses chances de survie. Sachant cela, il est fortement pertinent d'étudier les écarts entre les niveaux d'adoption de la technologie des hôpitaux à travers le temps. Si les écarts persistent, alors ce serait un indice que les hôpitaux qui ont adopté les technologies plus lentement au début accuseront toujours un retard.



La figure 6 montre l'évolution du niveau d'adoption de la technologie pour chaque hôpital dans notre base de données. L'axe des abscisses correspond au niveau d'adoption au début de la période étudiée alors que l'axe des ordonnées est aussi le niveau, mais à la fin de la

période étudiée. Tout d'abord, nous remarquons que tous les hôpitaux ont augmenté leur niveau d'adoption au cours de la période étudiée. Ensuite, nous constatons qu'il est difficile d'établir une forte corrélation entre le niveau d'adoption initial et final. La croissance du niveau d'adoption est très variable d'un hôpital à l'autre. Vu cela, nous avons utilisé nos quartiles d'adoption de la technologie pour étudier la variation des écarts du niveau d'adoption entre les hôpitaux. L'agrégation des données de plusieurs hôpitaux nous permet de dégager des tendances plus claires et moins susceptibles d'être influencées par la variabilité de nos données.

La figure 7 présente l'écart annuel entre les niveaux d'adoption de la technologie des trois



quartiles les plus lents et le plus rapide. Nous observons clairement que l'écart entre le niveau d'adoption de la technologie du quartile le plus rapide et le plus lent se creuse avec le temps. L'écart des quartiles médians avec le quartile plus rapide semble aussi se creuser, mais la tendance est moins claire; au mieux, l'écart initial observé persiste dans le temps.

Ces observations ont des implications importantes. D'une part, sachant que les hôpitaux qui adoptent la technologie de manière plus importante obtiennent de meilleurs résultats, ceci signifie que certains hôpitaux québécois obtiendront toujours de meilleurs résultats. D'autre part, il est possible de croire que certains hôpitaux fassent face à des barrières qui les empêchent d'adopter pleinement les nouvelles technologies. Ainsi, les hôpitaux pour

lesquels l'adoption des nouvelles technologies est plus facile sont toujours en avance, tant sur le plan technologique qu'en termes de résultats. En conséquence, il faut clairement encourager l'adoption des nouvelles technologies efficaces, tant pour réduire les écarts entre les hôpitaux que pour améliorer le système de santé québécois. Nos résultats tendent à démontrer que les gains seraient significatifs.

6. Conclusion

Le but de ce mémoire est d'analyser l'impact de l'adoption des technologies sur les résultats des hôpitaux et les coûts. Après avoir constaté quelques oppositions dans la littérature économique sur la médecine du plat de la courbe, la pertinence de cette étude devint apparente. Les résultats d'études récentes sur la productivité des hôpitaux tendent à montrer que la vitesse et la propension à adopter des innovations médicales auraient des effets non-négligeables sur la productivité et les résultats des hôpitaux. En se basant sur ces résultats, nous avons développé un modèle de probabilité linéaire pour estimer l'effet de l'adoption des technologies sur les résultats des hôpitaux. L'analyse de l'effet sur les coûts est aussi faite à partir d'un modèle linéaire.

L'adoption des innovations médicales auraient un effet positif et significatif sur les résultats des hôpitaux. Bien que, à l'aide de régressions économétriques, nous n'ayons pu conclure avec confiance que les hôpitaux qui adoptent la technologie plus rapidement obtiennent de meilleurs résultats, il est clair que les hôpitaux ayant un niveau d'adoption plus élevé sont les plus productifs. De plus, bien que l'adoption des nouvelles technologies entraînent une hausse de coûts, ce ne devrait pas être prohibitif, car le coût par vie sauvée supplémentaire se compare avantageusement avec les ratios de coût-efficacité que nous retrouvons dans la littérature scientifique. Finalement, nous n'observons pas de convergence dans les niveaux d'adoption des technologies entre les hôpitaux. Ce phénomène a pour conséquence de créer une disparité permanente entre les hôpitaux; ceux étant en avance technologiquement obtiennent de meilleurs résultats.

Nos résultats ont de multiples implications, mais ils ouvrent principalement la porte à de nouvelles questions qui seraient fortement intéressantes à creuser. Cette même recherche pourrait être répliqué avec un meilleur ensemble de données. Les données sur les traitements médicaux permettraient de bonifier notre indice d'adoption de la technologie et un plus grand nombre d'observations rendraient probablement la tendance du taux de survie plus claire. Des données sur les établissements de santé permettraient d'étudier les niveaux d'adoption de la technologie en fonction des caractéristiques des établissements. Avec un ensemble de données amélioré, nous pourrions réduire les risques qu'il y ait un

problème d'endogénéité dans nos modèles et possiblement relâcher l'hypothèse émise au quatrième chapitre, soit que la variable de survie des patients et l'indice d'adoption des nouvelles technologies ne sont pas corrélés avec le terme d'erreur. Nous pourrions aussi approfondir sur la cohérence de nos résultats. Alors que nous trouvons que l'adoption de nouvelles technologies a un effet positif sur la survie des patients et qu'il n'y a pas de convergence dans les niveaux d'adoption des technologies entre les hôpitaux, nous aurions pu nous attendre à ce que le niveau d'adoption de nouvelles technologies au début de la période d'étude soit une variable significative dans notre modèle. Toutefois, nos résultats ne vont pas en ce sens et il serait intéressant d'étudier pourquoi.

Bibliographie

- Baicker, Katherine et Amitabh Chandra (2004). « Medicare Spending, The Physician Workforce, And Beneficiaries' Quality Of Care », *Health Affairs*. Récupéré de <http://content.healthaffairs.org/content/early/2004/04/07/hlthaff.w4.184.full.pdf+html>
- Berwick, Donald M. (2003). « Disseminating Innovations in Health Care » [version électronique], *Jama*, vol. 289, no 15, p 1969-1975.
- Bussièrès, Jean-François, André Cournoyer, Denis Lebel, Claude Laflamme et Céline Durand (2002). « Exploration et modèle d'analyse de ratios de coûts de médicaments par indicateurs de volumes d'activités en établissement de santé » [version électronique], *Pharmactuel*, vol. 35, no 2, p. 91-101.
- Chandra, Amitabh et Douglas O. Staiger (2007). « Productivity Spillovers in Health Care: Evidence from the Treatment of Heart Attacks » [version électronique], *Journal of Political Economy*, vol. 115, no 1, p. 103-140.
- Contandriopoulos, Damien et Mélanie Perroux (2013). « Fee increases and target income hypothesis: data from physicians' compensation and service volume in Quebec » [version électronique], *Healthcare Policy*, vol. 9, no 2, p. 30-35.
- Comin, Diego et Bart Hobijn (2004). « Cross-country technology adoption: making the theories face the facts » [version électronique], *Journal of Monetary Economics*, vol. 51, no 1, p. 39-83.
- Comin, Diego et Bart Hobijn (2010). « An exploration of technology diffusion » [version électronique], *American Economic Review*, vol. 100, no 5, p. 2031-2059.
- Côté-Sergent, Aurélie, Damien Échevin et Pierre-Carl Michaud (2016). « The Concentration of Hospital-Based Medical Spending : Evidence from Canada » [version électronique], *Fiscal Studies*, vol. 37, no 3-4, p. 627-651.
- Crespi, Gustavo, Chiara Criscuolo, Jonathan E. Haskel et Matthew Slaughter (2008). *Productivity Growth, Knowledge Flows and Spillovers*, Document de travail no 13959, Cambridge, National Bureau of Economic Research, 28 p. Récupéré de <http://www.nber.org/papers/w13959.pdf>
- Cutler, David et Mark McClellan (2001). « Is Technological Change in Medicine Worth It? » [version électronique], *Health Affairs*, vol. 20, no 5, p.281-286.

- Daneault, Simon et Johanne Fournier (2014). *Gravité clinique, niveau d'accès et NIRRU*. Récupéré de Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie http://extranet.santemonteregie.qc.ca/depot/document/3612/Gravit%C3%A9_niveau_acces_NIRRU_AP_R-DRG_2014-04-04.pdf
- Enthoven, Alain C. (1978). « Cutting cost without cutting the quality of care » [version électronique], *New England Journal of Medicine*, vol. 298, no 22, p.1229-1238.
- Epstein, Andrew J., Daniel Polsky, Feifei Yang, Lin Yang et Peter W. Groeneveld, (2011). «Coronary Revascularization Trends in the United States, 2001-2008 » [version électronique], *Jama*, vol. 305, no 17, p. 1769-1776.
- Frakt, Austin et Jonathan Skinner (2017, 13 février). « The Puzzling Popularity of Back Surgery in Certain Regions », *New York Times*, section The Upshot. Récupéré de https://www.nytimes.com/2017/02/13/upshot/medical-mystery-why-is-back-surgery-so-popular-in-casper-wyo.html?rref=collection/sectioncollection/upshot&action=click&contentCollection=upshot®ion=rank&module=package&version=highlights&contentPlacement=1&pgtype=sectionfront&_r=0
- Fisher, Elliot S., David E. Wennberg, Thérèse A. Stukel, Daniel J. Gottlieb, F.L. Lucas et Étoile L. Pinder (2003). « The implications of regional variations in Medicare spending. Part 2: health outcomes and satisfaction with care » [version électronique], *Annals of Internal Medicine*, vol. 138, no 4, p. 288-298.
- Fuchs, Victor R. (2004). « Perspective: More Variation In Use Of Care, More Flat-Of-The-Curve Medicine », *Health Affairs*. Récupéré de <http://content.healthaffairs.org/content/early/2004/10/07/hlthaff.var.104.full.pdf+html>
- Hébert, Guillaume (2016). *La rémunération des médecins québécois*, Note socioéconomique, Montréal, Institut de recherche et d'informations socioéconomiques, 16 p. Récupéré de https://cdn.iris-recherche.qc.ca/uploads/publication/file/Re_mune_ration_des_me_decins_WEB_02.pdf
- Kaul, Padma, Paul W. Armstrong, Wei-Ching Chang, C. David Naylor, Christopher B. Granger, Kerry L. Lee, *et al.* (2004). « Long-Term Mortality of Patients With Acute Myocardial Infarction in the United States and Canada » [version électronique], *Circulation*, vol. 110, no 13, p. 1754-1760.
- Ryan, Thomas J., William B. Bauman, J. Ward Kennedy, Dean J. Kereiakes, Spencer B. King III, Ben D. McCallister, Sidney C. Smith, Jr *et al.* (1993). « Guidelines for Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty » [version électronique], *Circulation*, vol. 88, no 6, p. 2987-3007.

Skinner, Jonathan et Douglas O. Staiger (2009). *Technology Diffusion and Productivity Growth in Health Care*, Document de travail no 14865, Cambridge, National Bureau of Economic Research, 47 p.
Récupéré de <http://www.nber.org/papers/w14865.pdf>

Skinner, Jonathan et Douglas O. Staiger (2015). « Technology Diffusion and Productivity Growth in Health Care » [version électronique], *The Review of Economics and Statistics*, vol. 97, no 5.

Annexes

Tableau A1: Résultats des régressions estimant la relation entre l'adoption de nouvelles technologies et les résultats des hôpitaux

Variable dépendante	Modèle (2) Modèle (3)		
	Survie	Survie	Survie
Âge	-0.006 (-20.4)	-0.006 (-20.37)	-0.006 (-20.64)
Femme	-0.016 (-1.92)	-0.015 (-1.91)	-0.015 (-1.86)
Diagnosics antérieurs			
A.C.V.	-0.067 (-3.54)	-0.067 (-3.54)	-0.066 (-3.44)
Hypertension	0.028 (4.38)	0.028 (4.34)	0.028 (4.34)
Maladies pulmonaires	-0.004 (-0.24)	-0.004 (-0.22)	-0.002 (-0.14)
Maladies cardiaques	0.001 (0.14)	0.000 (0.02)	-0.002 (-0.15)
Diabète	-0.033 (-4.11)	-0.033 (-4.11)	-0.033 (-4.1)
Gravité de la situation			
Faible	0.425 (27.06)	0.425 (27.09)	0.424 (27.31)
Modéré	0.399 (25.65)	0.399 (25.6)	0.398 (25.64)
Élevé	0.245 (20.06)	0.245 (20)	0.245 (20.02)
Variables d'intérêt			
Niveau d'adoption de la technologie en 1996		0.038 (0.75)	
Niveau d'adoption de la technologie au temps t pour l'hôpital i			0.087 (3.66)
Effets fixes d'année			
1997	-0.007 (-0.4)	-0.007 (-0.4)	-0.010 (-0.55)
1998	0.029 (1.27)	0.029 (1.27)	0.024 (1.06)
1999	0.049 (2.62)	0.049 (2.61)	0.040 (2.1)
2000	0.057 (3.27)	0.057 (3.24)	0.042 (2.29)
2001	0.046 (2.39)	0.046 (2.37)	0.025 (1.23)
2002	0.067 (3.74)	0.066 (3.67)	0.044 (2.18)
2003	0.023 (1.24)	0.023 (1.23)	-0.004 (-0.18)
2004	0.038 (1.87)	0.038 (1.86)	0.008 (0.37)
2005	0.033 (2.11)	0.033 (2.09)	-0.002 (-0.09)
2006	0.054 (3.42)	0.054 (3.4)	0.018 (0.88)
2007	0.041 (2.5)	0.041 (2.5)	0.004 (0.24)
2008	0.019 (0.9)	0.019 (0.89)	-0.016 (-0.68)
2009	0.025 (1.27)	0.025 (1.26)	-0.011 (-0.48)
2010	0.047 (2.24)	0.047 (2.23)	0.008 (0.33)
2011	0.060 (2.99)	0.059 (2.97)	0.021 (0.86)
Effets fixes de régions			
Chaudière-Appalaches	-0.034 (-2.28)	-0.025 (-1.42)	-0.013 (-1.11)
Estrie	0.014 (1.06)	0.014 (1.07)	0.001 (0.11)
Lanaudière	0.019 (0.85)	0.025 (1.07)	0.040 (2.13)
Laurentides	-0.040 (-1.19)	-0.034 (-1.04)	-0.019 (-0.58)
Laval	-0.026 (-1.79)	-0.026 (-1.79)	-0.012 (-1.03)
Mauricie et Centre-du-Québec	-0.018 (-0.89)	-0.011 (-0.51)	0.004 (0.24)
Montréal	-0.015 (-0.87)	-0.015 (-0.88)	-0.009 (-0.67)
Montérégie	-0.020 (-1.23)	-0.015 (-0.81)	-0.002 (-0.13)
Outaouais	-0.033 (-2.29)	-0.025 (-1.44)	-0.034 (-3.01)
Saguenay-Lac-Saint-Jean	-0.012 (-0.82)	-0.003 (-0.19)	-0.008 (-0.77)
Constante	0.901 (29.55)	0.893 (28.22)	0.878 (27.88)
N	14 266	14 266	14 266
R ²	0.234	0.234	0.235

Note - Les valeurs de la t-stat sont présentées entre parenthèses sous les coefficients. Les variables d'effets fixes omises sont la région de la Capitale-Nationale et l'année 1996.

Tableau A2: Résultats des régressions estimant la relation entre l'adoption de nouvelles technologies et les coûts

Variable dépendante	Modèle (4)	Modèle (5)
	Montants facturés par les médecins	Niru
Âge	-11.497 (-9.72)	-0.003 (-1.91)
Femme	-56.171 (-2.34)	-0.018 (-0.58)
Diagnosics antérieurs		
A.C.V.	130.662 (1.11)	0.211 (2.05)
Hypertension	28.488 (1.2)	0.036 (1.73)
Maladies pulmonaires	-53.068 (-1.09)	0.108 (1.42)
Maladies cardiaques	-6.221 (-0.22)	-0.008 (-0.11)
Diabètes	30.987 (0.96)	-0.018 (-0.45)
Gravité de la situation		
Faible	-1 389.649 (-8.62)	-2.206 (-12.26)
Modéré	-1 155.291 (-7.99)	-1.936 (-13.32)
Élevé	-805.430 (-7.22)	-1.408 (-11.14)
Variables d'intérêt		
Niveau d'adoption de la technologie au temps <i>t</i> pour l'hôpital <i>i</i>	566.255 (3.9)	0.819 (6.95)
Effets fixes d'année		
1997	-7.547 (-0.2)	0.009 (0.13)
1998	-45.711 (-0.92)	-0.065 (-0.74)
1999	27.611 (0.43)	-0.044 (-0.56)
2000	-38.543 (-0.72)	-0.218 (-3.18)
2001	-24.573 (-0.47)	-0.353 (-4.5)
2002	3.067 (0.05)	-0.433 (-7.1)
2003	89.912 (1.17)	-0.503 (-7.9)
2004	-12.083 (-0.2)	-0.624 (-8.68)
2005	-45.325 (-0.71)	-0.697 (-11.7)
2006	19.861 (0.25)	-0.531 (-6.14)
2007	76.568 (1.16)	-0.594 (-8.32)
2008	92.266 (1.34)	-0.706 (-11.85)
2009	396.348 (5.05)	-0.768 (-13.29)
2010	493.337 (6.95)	-0.822 (-12.99)
2011	526.991 (8.21)	-0.823 (-11.27)
Effets fixes de régions		
Chaudière-Appalaches	-92.289 (-1.12)	-0.228 (-4.34)
Estrie	185.471 (2.23)	0.314 (5.59)
Lanaudière	139.194 (1.02)	-0.338 (-6.13)
Laurentides	35.944 (0.4)	-0.211 (-4.04)
Laval	359.185 (4.61)	-0.116 (-2.37)
Mauricie et Centre-du-Québec	143.058 (1.36)	-0.158 (-2.21)
Montréal	128.107 (1.41)	0.055 (0.8)
Montérégie	152.096 (1.63)	-0.131 (-1.49)
Outaouais	198.733 (2.47)	0.200 (3.99)
Saguenay-Lac-Saint-Jean	-59.193 (-0.74)	0.215 (4.52)
Constante	2 663.117 (11.58)	3.995 (12.67)
N	14 266	14 266
R ²	0.156	0.217

Note - Les valeurs de la t-stat sont présentées entre parenthèses sous les coefficients. Les variables d'effets fixes omises sont la région de la Capitale-Nationale et l'année 1996.