

**Vième Congrès International de l'Académie de l'Entrepreneuriat**  
**Transfert de capital intellectuel et performance des firmes canadiennes spécialisées en**  
**biotechnologie**

Johanne Queenton<sup>1</sup>

Résumé

Le capital intellectuel est un des principaux facteurs de performance des firmes fondées sur le savoir. Les types précis de capital intellectuel associés à la performance varient d'une industrie à l'autre et à différents stades d'existence des firmes. Dans les années 1990, plusieurs études ont démontré que la performance en biotechnologie et la concentration géographique des firmes américaines se trouvaient liées au recrutement de chercheurs-étoiles. Cet article confirme ces résultats pour les firmes canadiennes, mais va plus loin dans l'explication des rôles spécifiques joués par ces chercheurs universitaires hautement productifs et de leur impact sur la performance des ESB (entreprises spécialisées en biotechnologie). Cette découverte indique une nouvelle étape dans la constitution des firmes de biotechnologie et est associée aux procédures de sélection des capitalistes de risque et des grandes firmes pharmaceutiques qui financent ces nouvelles ESB.

**Mots-clés:** Biotechnologie; Bio-scientifiques, Performance, Transfert de connaissances, effets de débordement localisés du savoir, capital intellectuel, géographie de l'innovation.

---

<sup>1</sup> Johanne Queenton  
Professeure  
Département de Management  
Faculté d'administration  
Université de Sherbrooke  
Sherbrooke, Québec, J1K 2R1  
819 821-8000 #62339  
[Johanne.Queenton@USherbrooke.ca](mailto:Johanne.Queenton@USherbrooke.ca)

## 1. Introduction

Le savoir constitue plus que jamais le moteur de la croissance économique, si bien que l'on assiste à des relations de plus en plus étroites entre science et technologie (Freeman, 1982; Gibbons et al., 1994). En biotechnologie, par exemple, une grande part de l'évolution technologique est déterminée par les efforts investis dans l'exploitation de nouvelles découvertes en science et en technologie. De plus, ces inventions mènent plus rapidement à des applications commerciales que par le passé. Voilà pourquoi les entreprises spécialisées en biotechnologie (ESB) tissent de plus en plus de liens avec les universités et les institutions publiques de recherche constituant ainsi la base d'une nouvelle structure d'innovation liant davantage les recherches fondamentale et appliquée au développement (Etzkowitz, 1994). Par conséquent, basées sur des découvertes scientifiques, les ESB réussissent quelquefois à croître sur la base de critères particuliers. En effet, seulement quelques facteurs semblent expliquer la performance des ESB dans les années 1990, soit la possession de brevets, le support du capital de risque, l'expansion sur des marchés d'exportation et l'existence d'alliances stratégiques avec des firmes multinationales (Niosi et Bas, 2003). Zucker et al. (1998) identifient un autre déterminant de performance, à savoir les liens des chercheurs-étoiles avec les ESB américaines. Selon eux, ces scientifiques ayant effectué des découvertes majeures en biotechnologie, préfèrent passer des accords contractuels avec des firmes existantes ou démarrer leur propre ESB dans la même région au lieu de fournir les fruits de leurs recherches à leur université ou à l'institution publique de recherche.

Au départ, nous nous inspirons de la définition de Zucker et al. (1994, 1995, 1998) sur les chercheurs-étoiles, c'est-à-dire ces individus actifs en termes de publications. Toutefois, parce que des recherches antérieures montrent l'importance des brevets (Granstrand, 1999; Griliches, 1990; Hagerdoorn et Cloudt, 2003), nous cherchons également de l'information sur tous les brevets américains assignés aux ESB canadiennes afin d'identifier les scientifiques associés et les types de relations entretenues.

## 2. La théorie

En biotechnologie, les questions de performance des firmes et des régions innovantes sont liées. Les firmes hautement performantes se situent généralement dans des régions possédant des facteurs stratégiques importants (comme du capital humain hautement spécialisé, des institutions de recherche de qualité, du financement, etc.). Ces éléments permettent aux firmes à fort taux de croissance de survivre et de prospérer.

### 2.1 Effets de débordement localisés du savoir des chercheurs-étoiles vers les ESB

Au cours des quinze dernières années, les économistes et les sociologues ont développé un intérêt accru pour la géographie de l'innovation, analysant les aspects spatiaux (distance, proximité) des débordements du savoir. Il est devenu évident que les sources d'innovation ne se trouvent pas exclusivement à l'intérieur des frontières des firmes. Les nouvelles idées ne transigent pas nécessairement par les marchés et ne sont pas produites seulement par les interactions entre scientifiques au sein des firmes, mais également dans les relations entre eux et les scientifiques des universités et des laboratoires publics (Bessant et Tidd, 2007; Powell, 1996). Aujourd'hui, dans plusieurs secteurs de haute technologie, nous sommes témoins d'une étroite intégration de la découverte, de l'utilisation et de la production de nouvelles connaissances provenant de différentes sources (Gibbons et al., 1994).

Ainsi, les effets de débordement du savoir peuvent être définis par les externalités scientifiques et technologiques de quelques individus ayant investi dans la recherche et le développement technologique. Ceux-ci vont finalement faciliter les efforts des autres agents d'innovation. Suivant cette définition, les effets de débordement localisés du savoir peuvent être définis par les externalités de connaissances qui permettent aux firmes situées à proximité d'importantes sources de savoir (telles les universités ou les institutions publiques de recherche) d'introduire de l'innovation plus rapidement que les firmes se trouvant ailleurs. En premier lieu, la diffusion localisée d'un savoir technique en biotechnologie émerge principalement des universités. Autrement dit, les effets de débordement du savoir se produisent localement parce que la proximité géographique des chercheurs universitaires facilite la transmission des connaissances aux entreprises privées via des initiatives de commercialisation (brevets et

Deleted: ¶

Deleted: )

licences), des parcs scientifiques et des flux d'étudiants entrant sur le marché du travail (Saxenian, 1996).

De cette façon, quelques analystes ont examiné les relations localisées concernant les activités de brevetage des scientifiques dans l'industrie et le monde académique, la mobilité du personnel de R-D des firmes et des universités et les taux d'innovation des firmes (voir Acs et al., 1992; Anselin et al., 1997; Audretsch et Feldman, 1996; Chesbrough et al., 2006; Feldman, 1994, 1999; Griliches, 1992; Jaffe, 1986, 1989; Jaffe et al., 1993, 2002; Zucker et al., 1994, 1995, 1998, 2001). Le point de départ de ces études est la forte concentration géographique de l'activité d'innovation. Ainsi, les firmes situées dans les régions où l'on retrouve de grands et intenses flux de R-D privée et publique ainsi qu'un haut taux de recherche universitaire tendent à être plus innovatrices que les entreprises localisées ailleurs parce qu'elles prennent avantage des effets de débordement du savoir de ces sources.

Dans cette littérature, le décompte des brevets est généralement accepté comme un indicateur approprié de comparaison des performances d'innovation des firmes en termes de nouvelles technologies, nouveaux processus et produits (Q). Même les auteurs les plus critiques sur l'utilisation générale des brevets comme indicateurs de performance (Arundel et Kabla, 1998; Mansfield, 1986) admettent que les brevets peuvent représenter des indicateurs appropriés dans le contexte de plusieurs secteurs de haute technologie. Par conséquent, l'identification des inventeurs énumérés dans les brevets fournit des informations-clés sur l'histoire des processus de R-D liée à une invention technique et permet, par le fait même, de retracer les flux de savoir dans les systèmes d'innovation ou dans les grappes régionales de firmes.

**Deleted:** Acs et al., 1992;  
Griliches, 1998

Toutefois, un nombre croissant de chercheurs utilisent les citations de brevet comme indicateurs des extrants de la R-D des firmes ou comme déterminants de leur performance d'innovation pouvant avoir des impacts sur leur croissance. Comparées au simple décompte des brevets qui génère des mesures purement quantitatives, les citations de brevet incluent aussi une mesure de la qualité des brevets, car il semble exister une relation positive entre l'importance d'un brevet et le nombre de fois qu'il sera cité ultérieurement. Or, les citations de brevet peuvent

être très utiles comme indicateurs de qualité d'un brevet dans les études économiques d'innovation et de performance des ESB (Jaffe et Trajtenberg, 2002).

En résumé, l'analyse micro-économique des processus de changement technologique incluent des références à plusieurs mesures du capital intellectuel. Les brevets et les citations de brevet sont les indicateurs déterminant les extrants des investissements dans le nouveau savoir ou les nouvelles technologies. Par conséquent, le nombre et la composition des citations de brevet qu'un brevet reçoit des brevets subséquents représentent des déterminants de l'impact technologique et économique de l'invention incorporée dans ce brevet. Selon la performance technologique peut être définie en termes des accomplissements de la firme mesurés par leurs capacités de recherche et leurs intrants de R-D (brevets et citations de brevet). De façon similaire, Hagerdoorn et Cloudt (2003) soumettent l'idée qu'il est préférable d'utiliser plusieurs indicateurs afin de mesurer l'impact d'innovation sur la performance de la firme dans les secteurs de haute technologie. Idéalement, il est avantageux de combiner les intrants de R-D tels les dépenses de R-D, le nombre de brevets, les citations de brevet et l'annonce de nouveaux produits afin d'avoir une meilleure idée de l'impact d'innovation sur la performance de la firme.

Deleted: Griliches (1998)

## 2.2 Mouvement des scientifiques

D'autres études se penchent davantage sur le mouvement des scientifiques puisque le savoir se déplace avec eux. Dans une étude des liens entre scientifiques universitaires et firmes de biotechnologie, Audretsch et Stephan (1996) ont trouvé que la proximité géographique est importante mais pas toujours dans ces relations basées sur le savoir. Leurs résultats démontrent qu'un grand pourcentage (70%) de ces liens n'est pas local. Les interactions se définissent davantage localement lorsqu'un chercheur universitaire se trouve réellement impliqué dans la création d'une ESB. Au contraire, quand un chercheur est lié seulement par brevet, la firme se situe souvent à l'extérieur de la région où ce dernier œuvre.

Deleted: &

Quant à eux, Zucker et Darby (1995) se sont intéressés aux chercheurs-étoiles dans le but de mesurer l'impact de l'intrant d'innovation sur la performance des ESB. Les auteurs trouvèrent que l'entrée des firmes en biotechnologie est déterminée par la distribution géographique des

chercheurs-étoiles. Zucker et ses collaborateurs définissent un chercheur-étoile comme un scientifique ayant découvert plus de 40 séquences génétiques sur une période de référence de 5 ans (1990-1994) telles que compilées dans *GenBank*. Ainsi, Zucker et ses collaborateurs établissent qu'une région comme la baie de San Francisco produit une quantité importante de recherche en biotechnologie et compte, par le fait même, une large grappe d'ESB. Toutefois, leur travail ne fournit pas d'indication sur le degré selon lequel les ESB, une fois créées et localisées dans la région, établissent des réseaux avec les scientifiques œuvrant dans la même zone géographique. L'hypothèse implicite est que les réseaux demeurent irrésistiblement locaux.

La notion standard des effets de débordement localisés du savoir, basée sur l'idée que les scientifiques universitaires poursuivent de la recherche fondamentale purement désintéressée, ne s'applique peut-être pas en biotechnologie (Zucker et al., 1998). Les interactions entre les chercheurs dans ce domaine et les firmes semblent être davantage le résultat de transactions marchandes et non-marchandes que de purs effets de débordement de savoir. En fait, Zucker et ses collaborateurs suggèrent que les chercheurs-entrepreneurs capitalisent sur les découvertes effectuées lorsqu'ils travaillaient à l'université ou dans les laboratoires publics.

La littérature sur la croissance endogène assume que la technologie est un bien public, coûteux à découvrir, mais facile à imiter. Toutefois, dans certains domaines de haute technologie, le savoir possède un caractère d'exclusion naturelle (Zucker et al., 1995). Autrement dit, de par sa nature tacite, l'acquisition de savoir requiert des contacts face-à-face. Ainsi, les technologies radicales, comme la biotechnologie, se conçoivent davantage comme du capital intellectuel rival et très difficile à codifier. Cela dit, il semble que la littérature sur la croissance endogène doit se détourner davantage de la théorie de la firme comme unité d'analyse pour aller vers la compréhension des motivations des scientifiques à rapporter leurs découvertes, à créer de nouvelles entreprises ou à coopérer avec des firmes existantes pour commercialiser leurs découvertes.

En dépit de l'importance grandissante des effets de débordement du savoir dans la littérature sur l'innovation, il n'existe pas de consensus sur la façon dont ils se produisent et pourquoi. Selon Breschi et Lissoni (2001), peu d'auteurs ont exploré ces avenues. Il est

nécessaire d'entreprendre un examen approfondi des différents mécanismes par lesquels les ESB acquièrent du savoir, c'est-à-dire les transactions marchandes et non-marchandes par lesquelles le savoir peut être échangé entre chercheurs des universités, des institutions publiques de recherches et des firmes.

Si les plus récentes découvertes en biotechnologie se retrouvent typiquement dans la tête de quelques scientifiques, diffusées par la pratique et par les contacts face-à-face, la simple analyse des effets de débordement du savoir est imparfaite. Il faut donc identifier les liens spécifiques des chercheurs vers les ESB.

### **2.3 Les hypothèses**

Nous pouvons inférer quelques hypothèses de la discussion précédente. Elles sont reliées tant au phénomène d'agglomération en biotechnologie qu'à l'impact croissant des Bio-scientifiques (tout chercheur actif en biotechnologie) comme agents économiques et fournisseurs de compétences spécifiques aux ESB.

*H1: Les ESB tendent à s'agglomérer dans les régions où se situent les Bio-scientifiques*

Aux États-Unis, il existe une forte concentration d'ESB et de chercheurs-étoiles autour des universités. La création et la localisation de nouvelles entreprises de biotechnologie peuvent être expliquées, en premier lieu, par la présence à un moment particulier de scientifiques contribuant activement aux avancées en recherche (Zucker et al., 1994, 1995, 1998). Plus spécifiquement, leurs résultats expliquent la localisation géographique du savoir en biotechnologie. Toutefois, Zucker et al., (1994, 1995, 1998) croient que les effets de débordement du savoir des universités sur la productivité de R-D des ESB des environs sont hautement concentrés dans certaines firmes ayant des relations avec les chercheurs-étoiles et sont pratiquement inexistantes dans d'autres cas. De plus, les chercheurs-étoiles affiliés démarrent leur entreprise dans la même région que celle de leur université d'attache (Audretsch et Stephan, 1996, 1999; Zucker et al., 1994, 1995, 1998). Dans cette étude, nous déterminerons s'il s'agit du même phénomène d'agglomération des Bio-scientifiques et des ESB au Canada.

*H2: Les ESB ayant des relations avec des Bio-scientifiques-Étoiles connaissent une meilleure performance que celles qui n'ont pas ce type de relations.*

Dans leur étude sur l'impact des chercheurs-étoiles sur la performance des ESB américaines, Zucker et ses collaborateurs (1994, 1995, 1998) ont trouvé que les chercheurs universitaires ayant fait des découvertes majeures en termes de séquences génétiques et en lien avec les ESB influencent leur performance. Dans ce cas-ci, la performance est mesurée par la croissance du nombre d'emplois créés durant la période étudiée.

Deleted: .

Cependant, quelques études canadiennes ont montré que les brevets, bien plus que les découvertes de séquences génétiques, sont liés à la performance des ESB et des régions actives dans le domaine (Niosi, 2000; Niosi et Bas, 2003; Raoub et al., 2003; Rose, 1999). C'est pour cela que nous décidons de créer notre propre typologie des Bio-scientifiques, basée sur les brevets, les publications scientifiques et les découvertes de séquences génétiques. Le tableau 1 résume la typologie ainsi créée.

(Tableau 1 ici)

Les hypothèses suivantes portent sur la mesure de l'impact du capital intellectuel que les Bio-scientifiques ont sur la performance des ESB. En d'autres mots, cette analyse va nous fournir des indicateurs sur l'importance des ressources du savoir comme source d'un avantage compétitif soutenu pour les firmes de biotechnologie. Aussi, ces hypothèses jetteront de la lumière sur les types de Bio-scientifiques ayant le plus d'influence sur la performance interne des ESB.

H2a *Les interactions avec des Bio-scientifiques et les citations de brevet sont positivement corrélées avec la croissance de l'emploi*

### **3. La Biotechnologie canadienne**

Les dernières données statistiques<sup>2</sup> démontrent les ESB au Canada connaissent une expansion sans précédent. Elles exportent leurs produits et fournissent des emplois innovateurs et hautement spécialisés. Dans ce nouveau courant technologique, le Canada demeure compétitif à l'échelle mondiale. Selon l'enquête de Statistiques Canada, le pays comptait en 2001 375 ESB générant des revenus de 3,8 milliards. Parmi ces firmes, une vaste majorité se concentre dans le

<sup>2</sup> Statistiques Canada. L'utilisation et le développement de la biotechnologie – 2001. Gouvernement du Canada, Ottawa.

développement de produits et de processus dédiés à la santé humaine. De plus, la plupart des ESB canadiennes sont des entreprises privées, non cotées en bourse. Seulement, 20% (ou 90 firmes) d'entre elles sont publiques. Géographiquement, 146 ESB sont situées dans la province de Québec (29%), 130 se trouvent en Ontario (26%) et 93 en Colombie-Britannique (19%) alors que quelques 127 ESB sont éparpillées dans les sept autres provinces du pays. La majorité des ESB canadiennes sont de petites compagnies (50 employés ou moins) dans une proportion de 75%, 14% sont de taille moyenne (51-150 employés) et 11% représentent de grandes entreprises (151 employés et plus).

#### 4. L'étude

Dans le but d'avoir un portrait des ESB canadiennes et de leur performance, nous avons donc commencé par amasser aléatoirement des données sur une large population d'entreprises de biotechnologie établies au Canada à partir du répertoire canadien de la biotechnologie. Pour la base de données sur les ESB, nous avons collecté toute l'information-clé, en ne retenant que les firmes privées et publiques en santé humaine<sup>3</sup>. Des études antérieures ont démontré que la croissance se retrouve en majeure partie dans ces firmes (Niosi, 2001). Cette décision a été motivée aussi par le fait qu'en biotechnologie, 70% d'entre elles œuvrent dans ce domaine.

Deleted:

Une autre base de données sur les Bio-scientifiques a été créée dans le but de mesurer leurs liens spécifiques aux ESB ainsi que certaines dimensions de leurs extrants (brevets et publications). Nous avons exploité plusieurs sources de données pour constituer cette énorme base de données. La recherche débuta par l'identification initiale des présidents-directeurs-généraux et autres gestionnaires, des ESB en santé humaine identifiées. Ainsi, nous bâtissons une base de données sur les chercheurs actifs en biotechnologie ayant des brevets, des découvertes de séquences génétiques et des publications scientifiques. Nous conservons même les données sur les chercheurs possédant qu'une seule découverte de séquence génétique liée à une ESB dans le but de tester non seulement les hypothèses de Zucker et al. (1994, 1998) sur la géographie de l'innovation et de la performance mais aussi sur leur définition d'un chercheur-étoile.

---

<sup>3</sup> Sources: rapports annuels, répertoire canadien de la biotechnologie, [Contact Canada](#), [Statistique Canada](#), etc.

Cette étude teste les hypothèses mentionnées précédemment en construisant un échantillon de 150 ESB en santé humaine et 442 Bio-scientifiques ayant des liens identifiables avec ces firmes. La distribution géographique des ESB et des brevets des ESB apparaît par région métropolitaine de recensement (RMR).

(Tableau 2 ici)

Nous avons aussi développé une catégorisation détaillée des Bio-scientifiques impliqués dans le développement économique sous trois profils distincts par région métropolitaine de recensement: connexion (lié par brevet ou publication scientifique à une ESB); affiliation (lié en tant que membre de la haute direction); nboth (affilié à la fois comme membre de la haute direction d'une ESB et membre d'une université canadienne ou d'un laboratoire public de recherche)..

Les méthodes statistiques utilisées incluent de l'analyse uni-variée, des corrélations et de l'analyse de régression linéaire multiple. Nous utilisons la variation de l'emploi entre 1997 et 2002 comme la variable dépendante principale. Ainsi, le but majeur de cette recherche est d'évaluer l'influence des groupes de chercheurs sur la performance des ESB. En mesurant les relations d'association, nous construisons un modèle exploratoire de l'impact des Bio-scientifiques sur la performance des ESB. L'autre objectif important, statué dans l'hypothèse 1, est de déterminer si l'agglomération des ESB par région métropolitaine de recensement peut être expliquée par la présence de Bio-scientifiques.

### **L'échantillon**

L'échantillon consiste en 150 ESB en santé humaine (près de 57% des 262 ESB répertoriées par Statistiques Canada œuvrant en biotechnologie de santé humaine) et 442 Bio-scientifiques ayant des relations avec ces firmes. L'âge médian est de 7 ans et seulement trois firmes ont plus de 20 ans. Le nombre médian d'employés est de 20 en 1997 et de 25 en 2002. Au moment de l'étude, quelque 69,3% des ESB de notre échantillon connaissent une variation de l'emploi entre 1997 et 2002. En fait, seulement 52% des firmes montrent une variation positive du nombre d'emplois créés. Dans ces cas, la variation médiane était de 10 emplois entre 1997 et 2002.

Formatted: Bullets and Numbering

En 2002, les ESB étudiées possèdent un nombre total de 550 brevets américains. La moyenne de brevets par firme est de 3,65 en 2002. Soixante-six ESB n'ont aucun brevet. Les Bio-scientifiques affiliés ou connectés aux ESB ont découvert 45 340 séquences génétiques. De plus, nous avons amassé les citations de brevet des ESB. En 2002, le total est de 356 citations de brevet, soit une moyenne de 2,36 citations de brevet par firme.

Pour la typologie sur les Bio-scientifiques, basée sur le tableau 1, le nombre médian de Bio-scientifiques par ESB est de 2. Dans le tableau 3, nous avons détaillé le nombre de Bio-scientifiques selon chaque type et par profil distinct pour chacune des régions métropolitaines de recensement du Canada.

[\(Tableau 3 ici\)](#)

### Résultats descriptifs

Formatted: Bullets and Numbering

La distribution des ESB dans les RMR du Canada montre une forte agglomération dans les grandes métropoles de Montréal, Toronto et Vancouver : 72% des ESB sont situées dans ces trois RMR (voir tableau 2). Par conséquent, si on prend en considération la population de chaque RMR, nous trouvons que certaines plus petites agglomérations semblent très fertiles en termes de développement d'ESB : Québec et Edmonton. Du même coup, nous remarquons que la plus vaste RMR, celle de Toronto, devient beaucoup moins active. Toutefois, nous constatons que les ESB canadiennes apparaissent et se développent autour des universités et des centres publics de recherche dans des RMR de moyenne et de plus grande envergure.

Dans le cas des brevets assignés aux ESB, nous observons le même phénomène. En premier lieu et de façon surprenante, Toronto, comparée à de plus petites régions telles Québec, Vancouver, Calgary ou Edmonton, perd sa position dominante lorsque nous normalisons par la taille de la population. Dans certaines petites RMR canadiennes, les ESB semblent étonnamment très actives en termes de brevets.

Maintenant, si nous jetons un œil sur le tableau 3 qui représente l'échantillon total des Bio-scientifiques ayant des relations d'affiliation ou de connexion avec les ESB, nous trouvons approximativement la même proportion de Bio-scientifiques et d'ESB à Vancouver, Montréal et Toronto, dans une proportion de 73%. Mais, en considérant la taille de la population et en

effectuant une normalisation, un grand nombre de Bio-scientifiques (Bio-Superstars et Bio-Stars) sont actifs dans les plus petites régions métropolitaines comme Québec, Edmonton, Winnipeg et même London (voir tableau 4). Toutefois, Vancouver demeure en première position pour le nombre total de Bio-scientifiques actifs dans les ESB.

(Tableau 4 ici)

Les Bio-scientifiques sont activement affiliés ou connectés à 130 ESB. Le nombre médian de Bio-scientifiques par firme est de 3. Parmi ces chercheurs impliqués dans les ESB, près de 40% sont directement affiliés à la haute direction. En contrepartie, 52% sont seulement connectés par brevets ou par publications scientifiques. Quelques Bio-scientifiques, soit 38 ou 8%, occupent un poste de direction au sein des ESB et conservent leur poste de professeur à l'université. La plus forte concentration de Bio-scientifiques affiliés se trouve dans la RMR de Montréal. Si nous combinons les affiliations aux ESB (profil 1\*) et celles aux ESB et aux universités (profil 3\*), nous obtenons pour Montréal 74 Bio-scientifiques sur un total de 116 chercheurs. Donc, près de 64% des Bio-scientifiques actifs dans cette région se trouvent directement impliqués dans la création et le développement des ESB (voir tableau 4).

En totalité, toutes RMR confondues, 79,5% des Bio-scientifiques se trouvent directement impliqués dans le management des ESB tant à Montréal, Toronto ou Vancouver. Profil 1\* et profil 3\* = 171 sur un total de chercheurs à affiliation simple ou). Par ailleurs, la proportion change lorsqu'on prend en compte la taille de la population, avec comme conséquence que le nombre de Bio-scientifiques affiliés se partage dès lors entre Vancouver, Montréal, Québec, London et Edmonton, dans un pourcentage de 77%, rejetant Toronto dans l'ombre.

Deleted: (

Deleted: 215

Deleted: double

Deleted: af

Deleted:

Deleted:

### Expliquer l'influence des Bio-scientifiques sur la performance des ESB

Formatted: Bullets and Numbering

L'hypothèse H2 suppose que la présence de Bio-scientifiques est positivement corrélée à la croissance de l'emploi. Dans le modèle, les différents types de chercheurs sont inclus afin de mesurer s'ils représentent réellement des facteurs de performance pour les ESB soit parce qu'ils facilitent le transfert de connaissances à la firme, soit parce qu'ils permettent la création de nouvelles idées menant à des brevets de qualité, à l'obtention de capital de risque, à des brevets de qualité (brevets cités) et à la publication d'articles scientifiques. Par ailleurs, nous avons décidé d'inclure aussi dans le modèle l'âge des ESB et le capital de risque (suivant Niosi, 2003).

Les résultats révèlent que la plupart des ESB connaissant une croissance de l'emploi entre 1997 et 2002, avaient des relations avec des Bio-Stars. Des variables comme l'âge de la firme, le capital de risque ou certains types de Bio-scientifiques étaient significatives, mais elles furent éliminées dans la régression linéaire multiple. Pour ce qui est des découvertes de séquences génétiques, la corrélation avec l'emploi est non significative (seuil : ,919) et le  $R^2$  est très bas, soit ,089. La seule corrélation trouvée concerne le lien entre découvertes de séquences génétiques et les Bio-Superstars, lesquels ont à leur actif plus de 40 publications dans ce domaine.

[\(Tableau 5 ici\)](#)

Dans le tableau 6, le modèle confirme le rôle des chercheurs ayant des brevets. Ainsi, nous avons trouvé une relation entre la présence de Bio-Stars (186 Bio-scientifiques ayant entre 2 et 4 brevets), les citations de brevet et la croissance de l'emploi. Dans ce cas, la proportion est de plus de 40%, 43,4 précisément. Donc, plus de 43% de la croissance de l'emploi peut être expliqué par la présence de Bio-Stars dans les ESB et des citations de brevet obtenues.

[\(Tableau 6 ici\)](#)

Ainsi, ce qui importe le plus pour les ESB canadiennes, c'est le nombre et la qualité des brevets que les chercheurs apportent aux firmes. Or, les extraits d'innovation, représentés par les brevets et les citations de brevet, constituent de réels facteurs pour la croissance de l'emploi.

Les résultats obtenus démontrent aussi que les Bio-scientifiques jouent des rôles actifs dans le développement des ESB. Plus une firme a de Bio-scientifiques, plus l'emploi s'accroît. Ceci est un important déterminant des liens entre capital intellectuel et performance des ESB. Les ESB, en contact étroit avec des Bio-scientifiques actifs ayant fait des découvertes importantes, qu'ils soient fondateurs, gestionnaires ou simplement liés par co-invention, dépassent les phases de démarrage et montrent de meilleures performances en termes de croissance de l'emploi que celles sans ces contacts. Ainsi, nous pouvons inférer que ces nouveaux arrangements institutionnels deviennent conducteurs de la performance des firmes de biotechnologie. Par exemple, 51% des 442 Bio-scientifiques ayant des brevets sont liés aux ESB par co-invention. Ceci signifie que plus de la moitié de la population des chercheurs étudiée sont des Bio-scientifiques universitaires très actifs dans la croissance des ESB et qu'ils constituent des agents économiques dans le développement de ces firmes.

D'une certaine façon, comme démontré par Zucker et al. (1994, 1995), les Bio-scientifiques canadiens, ayant fait des découvertes majeures en biotechnologie, établissent dans des accords de collaboration avec des firmes existantes ou créent leurs propres entreprises afin de tirer profit de leurs inventions. Ainsi, près de 40% de ces chercheurs sont directement affiliés aux ESB et une catégorie particulière porte deux chapeaux dans une proportion de 8,5% en étant à la tête d'ESB et professeurs à l'université. C'est donc près de la moitié des Bio-scientifiques qui s'impliquent dans la gestion de ces firmes. Par conséquent, les différents rôles joués par les Bio-scientifiques et leur productivité de recherche peuvent susciter un impact réel sur la performance des ESB

Finalement, une productivité de recherche accrue et la croissance de l'emploi se produisent dans des firmes ayant des liens spécifiques avec différents types de Bio-scientifiques de haut niveau. Les résultats démontrent également que les firmes de biotechnologie se situent là où les Bio-scientifiques créent leurs inventions. Dans cette étude, nous avons trouvé que la plupart des Bio-scientifiques connectés par brevets ou affiliés aux ESB sont dans la même région. À ce stade, notre analyse des liens entre Bio-scientifiques et ESB confirme l'hypothèse de Zucker et al. (1994, 1995, 1998) soit l'importance de la proximité géographique pour la création et la performance des firmes de biotechnologie.

## **5. Conclusion**

L'innovation en biotechnologie est un processus qui provient de l'interdépendance de plusieurs acteurs possédant des compétences et des actifs complémentaires. Ainsi, l'innovation dépend plus d'un réseau de firmes privées et publiques en relation avec les universités et les centres publics de recherche que d'un seul acteur isolé. En biotechnologie, la frontière technologie change sans cesse. Or, les firmes à succès s'adaptent rapidement au contexte de nouvelles innovations. Quelques ESB connaissant une croissance forte sont ces organisations exploitant de multiples coopérations avec plusieurs Bio-scientifiques de haut niveau. Le principal but de ces ESB est donc de construire une base forte de capital intellectuel difficile à imiter, mais maîtrisée par des scientifiques de haut calibre.

Le savoir représente un actif créateur de valeur et les chercheurs universitaires comme détenteurs de capital intellectuel impliqués dans le développement des ESB, deviennent des acteurs économiques cruciaux. Par conséquent, le transfert de leur capital intellectuel vers les ESB représente pendant de longues périodes un actif stratégique de valeur permettant, par exemple, d'obtenir le financement nécessaire à la poursuite d'activités d'innovation (le développement de produits peut prendre de 15 à 20 ans). Parallèlement à cette dynamique fondamentale, tous les acteurs impliqués sont ou peuvent être liés aux entreprises par des relations contractuelles ou de propriété, et ce, de façon à répondre adéquatement aux impératifs de marchés extrêmement compétitifs.

Une étude antérieure (Niosi, 2003) montrait que, à la fin des années 1990, les brevets, le support du capital de risque, le ciblage des marchés d'exportation et les alliances stratégiques expliquaient 80% de la croissance de firmes de biotechnologie au Canada. Notre recherche a trouvé d'autres déterminants majeurs : l'influence des Bio-scientifiques et l'importance des citations de brevet. Celles-ci constituent également un indicateur de la qualité des découvertes brevetées et révèlent l'acquisition d'un savoir-faire exclusif conférant un avantage compétitif aux ESB.

En résumé, nous avons jeté une nouvelle lumière sur le débat entre effets de débordement et marchés du savoir en cernant les profils des chercheurs engagés dans le développement de la biotechnologie. Nous avons observé des transactions marchandes et non-marchandes dans les ESB canadiennes parce que la moitié des Bio-scientifiques font partie de la gestion de ces firmes et/ou en sont propriétaires. Cette étude ouvre de nouvelles avenues de recherche sur les dynamiques d'affiliation de chercheurs universitaires. On pourrait étudier ce phénomène dans d'autres pays et établir certaines comparaisons afin d'observer si l'on trouve les mêmes déterminants et les mêmes structures d'innovation. L'importance de l'interdépendance des institutions et des firmes privées a été identifiée dans cette recherche. Les chercheurs universitaires jouent des rôles de plus en plus divers et actifs dans le développement des innovations et de la commercialisation de la biotechnologie.

**Tableau 1**  
**Typologie des Bio-scientifiques**

Types de Bio-scientifiques
<b>1a: Bio-Superstars</b> : 5 brevets et +/- 1 publication par an et +/-40 séquences génétiques et +
<b>1b: Bio-Stars</b> : 2-4 brevets/1 publication par an et +/- de 40 séquences génétiques
<b>2a: Bio-Collaborateurs type A</b> : 1 brevet/- 1 publication par an/1-39 séquences génétiques
<b>2b: Bio-Collaborateurs type B</b> : + 1 brevet ou +/- 1 publication par an/aucune séquence génétique

**Tableau 2**  
**ESB par Région Métropolitaine de Recensement (RMR) en 2002**

RMR	Recensement Population	#ESB	#ESB normalisées *	#Brevets par ESB	#Brevets normalisés par ESB*
Montréal	3 426 350	47	23	113	50
Toronto	4 682 897	32	11	130	42
Vancouver	1 986 965	30	25	123	94
Edmonton	937 845	12	21	31	50
Québec	682 757	11	<b>27</b>	<b>64</b>	<b>142</b>
Ottawa	1 063 664	7	11	15	21
London	432 451	5	20	11	40
Calgary	951 395	4	7	47	75
Winnipeg	671 274	2	5	16	36
Total	14 835 598	150	150	550	550
Moyenne	1 648 400		17		61

#ESB normalisées\*: Nombre d'ESB basé sur le dernier recensement de la population (Statistique Canada, 2001)

#Brevets normalisés des ESB\*: Nombre de brevets assignés aux ESB canadiennes basé sur le dernier recensement de la population (Statistique Canada, 2001)

**Tableau 3**  
**Nombre de Bio-scientifiques et leur association aux ESB par RMR**

RMR	#Bio-scientifiques	Modèle Bio-scientifiques				# par type de profil		
		1a	1b	2a	2b	1*	2*	3*
Vancouver	<b>118</b>	19	50	29	20	44	67	7
Montréal	<b>116</b>	12	49	30	25	66	42	8
Toronto	<b>87</b>	15	27	11	34	36	41	10
Edmonton	<b>37</b>	11	13	11	2	8	29	0
Québec	<b>31</b>	9	15	5	2	8	17	6
Winnipeg	<b>17</b>	2	11	3	1	1	16	0
Calgary	<b>15</b>	0	11	2	2	3	11	1
Ottawa	<b>13</b>	2	5	3	3	6	2	5
London	<b>8</b>	1	5	1	1	5	2	1
<b>Total</b>	<b>442</b>	<b>71</b>	<b>186</b>	<b>95</b>	<b>90</b>	<b>177</b>	<b>227</b>	<b>38</b>
<b>Moyenne</b>	<b>49</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>4</b>
<b>Médiane</b>	<b>31</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>5</b>

1\* Affilié à une ESB

2\* Connecté à une ESB

3\* Affilié à une ESB et à une université canadienne

**Tableau 4**  
**Nombre de Bio-scientifiques et leur profil d'association aux ESB par RMR au Canada en 2002 (population normalisée\*)**

RMR	Population de recensement par RMR	#Bio-scientifiques	Modèle Bio-scientifiques				# par Profil d'association		
			1a	1b	2a	2b	1*	2*	3*
Vancouver	1 986 965	<b>98</b>	12	37	25	24	<b>43</b>	50	5
Montréal	3 426 350	56	3	21	15	17	<b>34</b>	18	4
Toronto	4 682 897	31	4	9	1	17	15	13	3
Edmonton	937 845	65	17	21	22	5	19	46	0
Québec	682 757	75	23	33	12	7	24	37	14
Winnipeg	671 274	41	6	24	8	3	3	35	3
Calgary	951 395	26	0	17	4	5	6	18	2
Ottawa	1 063 664	20	3	7	3	7	11	3	6
London	432 451	30	3	17	5	5	22	7	1
<b>Total</b>	<b>14 835 598</b>	<b>442</b>	<b>71</b>	<b>186</b>	<b>95</b>	<b>90</b>	<b>177</b>	<b>227</b>	<b>38</b>
<b>Moyenne</b>	<b>1 648 400</b>								
<b>Médiane</b>	<b>951 395</b>								

\*Basé sur le dernier recensement de la population (Statistique Canada, 2001)

1\* Affilié à une ESB

2\* Connecté à une ESB

3\* NBoth: Affilié à une ESB et à une université canadienne

**Tableau 5**  
**Corrélations de la croissance de l'emploi des ESB (R<sup>2</sup>)**

Modèle Bioscient.	E.97-02	Citations	Séq.gén.	AGE	C.R.	Bio-Sstars*	Bio-Stars	Bio-Coll.A*	Bio-Coll.B*
E.97-02	1,00								
Citations	,545*	1,00							
Séq.gén.	,089	,005	1,00						
AGE	,340*	,401	-,074	1,00					
C.R.	,121	,120	,109	,036	1,00				
Bio-Sstars	,419*	,104	,484	,119	,245	1,00			
Bio-Stars	,637*	,340	,097	,306	,303	,399	1,00		
Bio-Coll.A	,199	,150	,058	-,011	,189	,263	,322	1,00	
Bio-Coll.B	,234*	,058	,209	-,107	,163	,213	,189	,071	1,00

Bio-Sstars\*: Bio-Superstars

Bio-Coll.A\*: Bio-Collaborateurs type A

Bio-Coll.B\*: Bio-Collaborateurs type B

\* significant (p < 0.05)

**Tableau 6**  
**Explication de la croissance de l'emploi**

Modèle	R <sup>2</sup>	F	Sig.(One-tailed)	B	Std. E.	Beta	T.	Sig.	VIF
<b>Bio-Scient.</b>	,434	48,865	,000 <sup>a</sup>						1,130
Constant				1,139	4,847		,675	,934	
Citations				1,337	,291	,238	3,915	,004	
Bio-Stars				12,369	2,237	,539	3,713	,000	

Variable dépendante: Variation Emploi1997-2002

Prédicateurs : Constant, Citations de brevet, Bio-Stars

## Bibliographie

- Acs, Z., Audretsch, D. B. et Feldman, M. P., 1992. «The real effects of academic research». *American Economic Review*, 82, pp. 363-367.
- Anselin, L. A., Varga, A. et Acs, Z.J., 1997. «Local geographical spillovers between university research and high technology innovations». *Journal of Urban Economics*. 42, pp. 422-448.
- Arundel, A. et Kabla, J., 1998. «What percentage of innovations are patented? Experimental estimates in European Firms». *Research Policy*, 27, pp. 127-142.
- Audretsch, D. B., 1996. «Company-scientist Locational Links». *American Economic Review*. 86, pp. 641-654.
- , 2002. «The Dynamic Role of Small Firms: Evidence from the U.S. ». *Small Business Economics*. 18, pp. 13-40.
- Audretsch, D. B. et Feldman, M. P., 1996. «R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production». *American Economic Review*, 86, pp. 631-640.
- Audretsch, D. B. et Stephan, P. E., 1999. «Knowledge Spillovers in Biotechnology: Sources and Incentives». *Journal of Evolutionary Economics*. 9, pp. 97-107.
- Bessant, J et Tidd, J., 2007. *Innovation and Entrepreneurship*. John Wiley & Sons, West Sussex.
- Breschi, S.L., 1995. *Spatial patterns of innovation: evidence from patent data*. Workshop on New Research Findings: The Economics of Scientific and Technological Research in Europe, Urbino, Italy, 24-25. Février 1995.
- Breschi, S. L. et Lissoni, F., 2001. «Knowledge Spillovers and Local Innovation Systems: A Critical Survey». *Industrial and Corporate Change*. 10, 4, pp. 975-1005.
- Breschi, S. L. et Malerba, F., 2001. «The Geography of Innovation and Economic Clustering: Some Introductory Notes». *Industrial and Corporate Change*. Vol. 10, no 4, pp. 817-855.
- Canadian Biotechnology Directory 2000, Contact Canada.
- Chesbrough, H., Vanhaverbeke, W. et West, J. (éds). 2007. *Open Innovation: Researching a New Paradigm*. Oxford University Press, Oxford.
- Etzkowitz, H., 1983. «Entrepreneurial Scientists and Entrepreneurial Universities in American Academic Science». *Minerva*. 21, 2, pp. 198-223.
- , 1994. «Science as an Intellectual Property». in JASANOFF et al., *Handbook of Science and Technology Studies*. Sage, Thousands Oaks, Ca.,

- Feldman, M., 1994. *The geography of Innovation*. Kluwer Academic, Dordrecht.
- ., 1999. «The New Economics of Innovation, Spillovers and Agglomeration: A Review of Empirical Studies». *Economics of Innovation and New Technology*. 8, pp. 5-25.
- Feldman, M., 1994. *The geography of Innovation*. Kluwer Academic, Dordrecht.
- ., 1999. «The New Economics of Innovation, Spillovers and Agglomeration: A Review of Empirical Studies». *Economics of Innovation and New Technology*. 8, pp. 5-25.
- Freeman, C., 1982. *The Economics of Industrial Innovation*. Penguins, Hermonds-Worth.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P. et Trow, M., 1994. *The New Production of Knowledge*. Sage, Londres..
- Griliches, Z., 1990. «Patents statistics as economic indicators : a survey». *Journal of Economic Literature*. 28, no 4, pp. 1661-1707.
- ., 1992. «The Search for R&D Spillovers». *Scandinavian Journal of Economics*. 94 (Suppl.), pp. 29-47.
- ., 1998. *R&D and Productivity : The Econometric Evidence*. The University Chicago Press, Chicago.
- Hagerdoorn, J. et Cloudt, M., 2003. «Measuring innovative performance: is there an advantage in using multiple indicators». *Research Policy*, 1599, pp. 1-15.
- Jaffe, A. B., 1986. « Technological opportunity and spillovers of R&D : evidence from firms' patents, profits and market value ». *American Economic Review*. 76, pp. 984-1001.
- ., 1989. «The real effects of academic research». *American Economic Review*. 79, pp. 957-970.
- ., 1989. « Characterizing the technological position of firms, with applications ti quantifying technological opportunity ». *Research Policy*. 18, pp. 87-97.
- Jaffe, A., et Trajtenberg, M. 2002. *Patents, Citations and Innovations: A Window on the Knowledge Economy*. MIT Press, Cambridge, Ma.
- Jaffe, A., Trajtenberg, M. et Henderson, R., 1993. «Geographic localisation of knowledge spillovers as evidenced by patent citations». *Quarterly Journal of Economics*. 108, pp. 577-598.
- Mansfield, E. J., 1991. «Academic research and industrial innovation». *Research Policy*. 20, pp. 1-12.

- Nelson, R. R. et Winter, S. G., 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Bleknap Press, Cambridge, Ma.
- Niosi, J., 2000. *Explaining Rapid Growth in Canadian Biotechnology Firms*. Ottawa, Statistics Canada Research Paper.
- Niosi, J., 2003. «Alliances are not enough. Explaining rapid growth in biotechnology firms». *Research Policy*. Vol. 32, pp. 737-750.
- Niosi, J. et Bas, T. G., 2001. «The Competence of Regions : Canada's Clusters in Biotechnology». *Small Business Economics*. Vol. 17, no 31, pp.31-42.
- Powell, W. W., 1996. «Interorganizational Collaboration in the Biotechnology Industry». *Journal of Institutional and Theoretical Economics*. 152, 1, pp. 197-216.
- Powell, W. W. et Smith-Doerr, L., 1998. «Universities and the Market for Intellectual Property in the Life Sciences». *Journal of Policy Analysis and Management*. Vol. 17, no 2, pp. 253-277.
- Raoub et al., 2003. *Aperçu de l'enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie*. Statistique Canada, Gouvernement du Canada, Ottawa.
- Rose, A., 1999. *L'utilisation et le développement de la biotechnologie*. Statistique Canada, Gouvernement du Canada, Ottawa.
- Saxenian, A. 1996. «Inside-out : Regional Networks and Industrial Adaptation in Silicon Valley and Route 128» *Cityscape : A Journal of Policy Development and Research*, 2(2), pp. 41-60.
- Statistique Canada, 2001. *Utilisation and Development of Biotechnology – 2001*, Government of Canada
- Statistique Canada, 2001. *CMAAs Census population – 2001*, Government of Canada.
- Thomson, BioScan 2002, *Guide of Biotechnology Industry*.
- Zucker, L. et Darby, M. R., 1994. *Intellectual Capital and the Birth of U.S. Biotechnology Enterprises*. NBER Working Paper no 4653. NBER, Cambridge, Ma.
- . 1995. *Virtuous Circles of Productivity : Star Bioscientists and the Institutional Transformation of Industry*. NBER Working Paper, no 5342. NBER, Cambridge, Ma.
- .,2001. *Commercialising knowledge: University Science, Knowledge Capital and Firm Performance in Biotechnology*, NBER Working Paper 8499, NBER, Cambridge, Ma.
- Zucker, L., Darby, M.R. et Armstrong, J., 1994. *Intellectual Capital and the Firm : The Technology of Geographically Localized Knowledge Spillovers*. NBER Working Paper no 4946. NBER, Cambridge, MA.

Zucker, L., Darby, M. R. et Brewer, M. B., 1998. «Intellectual human capital and the birth of U. S. biotechnology enterprises». *The American Economic Review*. Vol. 88, pp. 290-336.

Zucker, L., Darby, M. R., Brewer, M. B. et Peng, Y., 1995. *Collaboration Structure and Information Dilemmas in Biotechnology : Organizational Boundaries as Trust Production*. NBER Working Paper no 5199, NBER, Cambridge, Ma.