

**La mesure de la qualité et de la responsabilité de la recherche
dans l'enseignement postsecondaire : le défi**

par David A. Wolfe, Ph.D.
Professeur
Département de sciences politiques

et

Agrégé de recherche
Program on Globalization and Regional Innovation Systems
Centre for International Studies
University of Toronto

Préparé pour le Conseil des ministres de l'Éducation (Canada)
[Projet de traduction]

Novembre 1998

1.0 Introduction

Au cours de la dernière décennie, la plupart des économies industrielles ont commencé à s'orienter vers des économies du savoir dans lesquelles la production, l'utilisation et la distribution du savoir et de l'information sont cruciales pour le processus d'innovation et la croissance économique. Les tendances actuelles dans les technologies de l'information et le développement de réseaux mondiaux de communication accentuent l'importance des connaissances scientifiques pour assurer la croissance de l'économie dans l'avenir. L'économie du savoir met en évidence la production du savoir dans le milieu des établissements «réseautés» et la capacité de diffuser le savoir aux éléments pertinents du système d'innovation. C'est également une société de l'apprentissage qui attache beaucoup de valeur à la capacité des personnes et des organisations à absorber et à utiliser l'information (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 1996).

La politique scientifique et technologique du Canada met de plus en plus l'accent sur la nécessité de transformer le pays en une économie et une société du savoir. Bien que de nombreux facteurs contribueront, en bout de ligne, au succès de cet objectif, on estime largement que les établissements postsecondaires jouent un rôle central dans la production et la diffusion de nouvelles connaissances scientifiques aux acteurs pertinents dans d'autres parties de l'économie. Un rôle étroitement lié à cette question est celui de la recherche menée dans des établissements d'enseignement postsecondaire dans le processus d'innovation aux niveaux local et régional. L'approche des «systèmes d'innovation» utilisée dans des études universitaires et de politiques souligne l'interaction entre divers éléments du processus d'innovation (Edquist, 1997). Dans cette approche, les établissements de recherche d'enseignement postsecondaire forment un maillon important de l'infrastructure sur laquelle repose le processus d'innovation. Des preuves de plus en plus nombreuses laissent entendre que les liens entre la production de nouvelles connaissances, leur adoption et leur application, sont vulnérables à la spatialité, c'est-à-dire qu'en dépit de nombreux rapports affirmant le contraire, *la distance a de l'importance*.

Cette tendance soulève des questions d'une grande importance pour les fonctionnaires responsables du financement et de la gestion de la recherche dans l'enseignement postsecondaire au Canada. On retrouve au centre de ces responsabilités les tâches visant à déterminer les niveaux optimaux ou même suffisants, des fonds consacrés à la recherche dans l'enseignement postsecondaire au Canada; à évaluer

la qualité et l'efficacité de la recherche effectuée dans les établissements d'enseignement postsecondaire et à déterminer les flux potentiels et actuels du savoir qui émanent des établissements d'enseignement postsecondaire vers d'autres éléments du «système d'innovation» où le savoir pourra être utilisé pour créer de nouveaux produits et procédés à vocation commerciale, ou pour améliorer des produits et des procédés existants.

Le défi est d'autant plus grand en raison de deux facteurs critiques. D'abord, le partage entre les deux instances supérieures de la responsabilité du financement et de la gestion de la recherche dans l'enseignement postsecondaire au Canada donne lieu à des chevauchements, des duplications et des débordements dans la gestion de la politique dans ce secteur (Wolfe, 1998). Il est donc encore plus difficile de juger de la suffisance et de l'efficacité des niveaux actuels de financement. De plus, la difficulté de mesurer les niveaux actuels du financement de la recherche au sein des établissements d'enseignement postsecondaire rend cette tâche encore plus compliquée. Certaines parties du flux du financement sont mesurées directement, entre autres celles provenant des organismes subventionnaires fédéraux et des centres d'excellence fédéraux et provinciaux, ou celles des industries appuyant la recherche. Cependant, d'autres aspects du financement, comme les sommes consacrées à la recherche provenant des propres budgets des universités, sont fondés sur des estimations qui sont généralement reconnues comme étant imprécises et devant donc faire l'objet d'une mise au point. Le premier défi dans tout effort visant à améliorer les outils de mesure de la suffisance et de l'efficacité du financement de la recherche dans l'enseignement postsecondaire réside dans l'élaboration de mesures plus satisfaisantes des niveaux actuels du financement des activités de recherche dans les établissements d'enseignement postsecondaire.

Le deuxième défi dans l'élaboration d'un cadre qui pourrait servir à évaluer la qualité et l'efficacité de la recherche dans l'enseignement postsecondaire réside dans la difficulté associée à mesurer les flux de connaissances. Dans l'engouement pour participer à la nouvelle économie du savoir, il faut prendre soin de distinguer les différentes catégories de données, d'information et du savoir. Bien que l'activité de recherche de l'enseignement postsecondaire joue un rôle important dans la production des trois catégories, ces dernières ne sont pas également pertinentes à l'évaluation de l'apport de la recherche au «système d'innovation». On doit préciser davantage la différence entre les diverses catégories du savoir, surtout entre les dimensions tacite et codifiée du savoir. L'activité de recherche de

l'enseignement postsecondaire est habituellement associée à l'expansion des sources codifiées du savoir, mais une masse croissante de documentation portant sur l'entreprise de la recherche, le processus d'innovation et la nature du lien entre l'université et l'industrie insiste sur l'apport crucial du développement et du partage des sources tacites du savoir au sein des réseaux pertinents d'acteurs dans le système d'innovation. Toute tentative de mesure et d'évaluation de l'efficacité de la recherche dans l'enseignement postsecondaire doit d'abord reconnaître la présence des flux différents de ces dimensions du savoir dans le système d'innovation.

Le cadre provisoire pour la qualité et la responsabilité de la recherche dans l'enseignement postsecondaire soulève des questions cruciales. Mentionnons entre autres les questions visant à déterminer la quantité juste de recherche dans l'enseignement postsecondaire qui doit être financée; s'il y a un agencement approprié des types et des domaines de recherche financés; si les provinces reçoivent une bonne valeur de retour de leur investissement dans la recherche dans l'enseignement postsecondaire au chapitre de la qualité et de la productivité. Une question étroitement liée à ces points est celle sur laquelle porte le présent document — soit les façons de mesurer et d'évaluer la qualité, la productivité et la suffisance de la recherche dans l'enseignement postsecondaire. Les points clés dans ce rapport portent sur les défis que représente l'élaboration d'un ensemble de mesures équilibrées pour évaluer l'efficacité et l'apport de la recherche menée dans des établissements d'enseignement postsecondaire, y compris les universités et les collèges dans les instances où il existe une fonction de recherche mandatée. La deuxième question concerne le lien entre le secteur de recherche dans l'enseignement postsecondaire et le système d'innovation dans l'ensemble. La conduite de l'activité de recherche axée de plus en plus sur les partenariats et les réseaux soulève des questions sur le type de liens qui existent entre les établissements de recherche dans l'enseignement postsecondaire et d'autres éléments du système d'innovation, et sur la façon dont le savoir produit dans le secteur de l'enseignement postsecondaire est transmis et appliqué par ces autres éléments.

2.0 Flux de connaissances dans le système d'innovation

L'innovation et les progrès technologiques sont produits par un ensemble complexe de liens entre les établissements qui produisent, distribuent et appliquent divers types de connaissances. Le rendement novateur de chaque pays ou province dépend de la façon dont les éléments de leur système institutionnel interagissent entre eux afin de créer et d'appliquer le savoir. En raison du rôle

prépondérant des structures institutionnelles dans la façon d'innover des économies nationales, on met de plus en plus l'accent sur les systèmes nationaux d'innovation. Voici une définition utile : «Un système national d'innovation se compose d'un groupe d'établissements différents qui ensemble et individuellement contribuent au développement et à la diffusion de nouvelles technologies tout en fournissant un cadre au sein duquel les gouvernements forment et mettent en œuvre des politiques pour favoriser le processus d'innovation. En soi, il s'agit d'un système d'établissements interconnectés dans le but de créer, de stocker et de transférer le savoir, les compétences et les artefacts qui définissent les nouvelles technologies» (Metcalf, 1995) [Traduction libre].

Le rôle de stimulateur et de soutien du secteur public est crucial à l'égard du comportement novateur. Le secteur public maintient un vaste ensemble de mesures de soutien d'infrastructure d'une grande importance pour le processus d'innovation par l'entremise du système d'éducation postsecondaire, des installations publiques de recherche-développement (R-D) et d'une gamme étendue d'établissements qui appuient le processus du transfert de la technologie. Ces éléments essentiels de l'infrastructure technologique composent ce que l'OCDE appelle le *système scientifique* dans l'économie du savoir. Le système scientifique, qui comprend les laboratoires de recherche et les établissements d'enseignement supérieur publics, revêt une importance accrue au moment où le passage à une économie du savoir prend son élan. Le système scientifique contribue aux fonctions clés suivantes :

- i) la production du savoir — développer et fournir des connaissances nouvelles;
- ii) la transmission du savoir — éduquer et valoriser les ressources humaines;
- iii) le transfert du savoir — diffuser les connaissances et fournir les éléments requis pour résoudre les problèmes.

L'OCDE fait remarquer que l'exécution de ces fonctions présente plus de défis pour le système scientifique en raison des récents changements qui s'y sont produits. La plupart des systèmes scientifiques ont dû faire face à un défi double, soit de gérer dans une période de contraintes budgétaires importantes tout en composant avec l'accroissement des coûts marginaux du progrès scientifique dans des domaines clés. En outre, le système scientifique a dû concilier son rôle plus traditionnel à un nouveau rôle faisant partie intégrante d'un système d'innovation plus large (OCDE, 1996).

2.1 Production du savoir dans le système scientifique

Le système scientifique est habituellement considéré comme la source primaire des nouvelles connaissances, principalement par la conduite d'activités de recherche fondamentale aux établissements d'enseignement postsecondaire et aux laboratoires gouvernementaux. Ce nouveau savoir a généralement été dissocié du savoir issu de la recherche plus axée sur les applications ou à vocation commerciale, qui est plus proche du marché à l'autre bout de la chaîne. Cependant, on reconnaît de plus en plus que, dans l'économie du savoir, la frontière entre ces deux catégories s'estompe et que le secteur de la recherche dans l'enseignement postsecondaire est aux prises avec des changements importants. Il importe de mieux comprendre la nature changeante de ce lien en vue de réussir à mesurer et à évaluer la qualité et l'efficacité de la recherche dans l'enseignement postsecondaire.

Selon un examen récent de ces deux catégories, la recherche fondamentale vise à élargir la compréhension d'un phénomène dans un domaine scientifique. Elle se caractérise par l'apport à l'ensemble des connaissances dans un domaine scientifique. Cette définition est conforme à celle de l'OCDE selon laquelle la recherche fondamentale est un travail expérimental ou théorique entrepris principalement pour acquérir de nouvelles connaissances sur le fondement sous-jacent de phénomènes et de faits observables. Contrairement à la recherche fondamentale, la recherche appliquée est axée sur certains besoins ou utilisations de personnes, de groupes ou de la société (Stokes, 1997). Dans un document de travail récent du National Science Board aux États-Unis (NSB-97-186), on définit la recherche fondamentale comme étant «la recherche de connaissances et de concepts nouveaux qui unissent ou enrichissent ces connaissances. Le travail, stimulé par des questions théoriques ou pratiques, est mené dans le contexte des connaissances et des paradigmes actuels [...] Typiquement, la recherche vise à répondre à des questions précises pour combler des lacunes dans l'ensemble des connaissances actuelles ou à mettre à l'épreuve le paradigme lui-même. Le travail qui devait confirmer ou raffiner un paradigme existant peut en fait le contredire, ouvrant ainsi la voie à une révolution scientifique». Le développement, au contraire, est défini comme «le processus par lequel un nouveau produit ou procédé est créé ou amélioré en se basant principalement sur les connaissances et la théorie actuelles» [Traduction libre].

Dans son second rapport annuel, la National Science Foundation a défini, en 1952, le lien entre les deux types de recherche comme étant un modèle linéaire démontrant la progression par une séquence technologique menant éventuellement au développement de produits, soit l'étape finale faisant appel à l'adoption systématique des résultats de recherche pour constituer du matériel, des appareils ou dispositifs, des systèmes, des méthodes et des procédés utiles. On a fait allusion à l'ensemble de la séquence comme étant le processus de transfert de la technologie (Stokes, 1997). Depuis le début des années 1950, le modèle linéaire a fait l'objet de nombreuses critiques et d'améliorations. Un autre point de vue laisse entendre que de prétendre que la recherche fondamentale et la recherche appliquée s'opposent, c'est se méprendre sur les aspects fondamentaux de la recherche scientifique. Donald Stokes soutient que la recherche doit être perçue comme ayant plus d'un plan dimensionnel. La première dimension classe la recherche en fonction du degré selon lequel elle cherche à repousser les frontières des connaissances fondamentales; la deuxième la classe en fonction du degré selon lequel elle s'inspire de considérations pratiques. Le lien entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée se déplace le long de trajectoires parallèles qui interagissent tout en maintenant leur autonomie. La science vise souvent à passer à un niveau de compréhension supérieur en se souciant peu des implications à l'égard des progrès technologiques, alors que l'innovation technologique, pour la majeure partie, comporte des changements d'ingénierie ou de conception étroitement ciblés, selon la science actuelle ou bien établie. «Chacune des trajectoires est parfois fortement influencée par l'autre, et cette influence peut aller dans n'importe quelle direction, en présence d'une recherche fondamentale d'inspiration pratique souvent enchâssée dans un rôle de liaison.» (1997, p. 87) [Traduction libre]

Lewis Branscomb soutient d'une façon semblable que la majorité de ce qui est classé comme de la recherche appliquée dans les statistiques officielles est en réalité une recherche créative axée sur les besoins afin d'examiner des nouveaux types de matériaux, des nouveaux procédés ou des nouvelles façons d'explorer ou de mesurer, de faire ou de fabriquer les choses. Il a appelé cette recherche la *recherche fondamentale technologique* dont les travaux créent de nouvelles capacités et élargissent la compréhension allant au-delà de la résolution de problèmes ou du développement de produits (1998).

2.2 Transmission du savoir dans le système scientifique

Le système scientifique joue un rôle capital dans la transmission du savoir au sein de l'économie du savoir, principalement par l'éducation et la formation de scientifiques et d'ingénieurs. À cet égard, la transmission efficace du savoir nécessite non seulement l'éducation formelle dans diverses disciplines

scientifiques et d'ingénierie, mais également la formation efficace dans les techniques et la pratique de la recherche de pointe. De plus, la reconnaissance croissante du caractère systémique du processus d'innovation débouche également sur la conception selon laquelle une gamme étendue d'autres disciplines et professions sont pertinentes à la transmission du savoir. Le rôle de plus en plus important des nouvelles industries multimédias dans l'économie du savoir souligne le potentiel novateur du contenu créatif dans le succès de ces industries et l'importance de la recherche de pointe dans de nombreux domaines entre autres la littérature, le théâtre, les lettres et sciences humaines, la musique, la conception et les arts graphiques. Il est alors encore plus difficile de déterminer la «meilleure» distribution du financement à la recherche au sein des disciplines existantes —de nouveaux domaines d'activité économique peuvent faire appel à la recherche et au savoir dans des disciplines plus traditionnelles par des moyens de loin imprévus.

La suffisance du financement consacré aux efforts dans le domaine de la recherche de pointe est étroitement liée à l'efficacité du secteur de la recherche dans l'enseignement postsecondaire à l'égard du rendement de sa fonction de transmission du savoir au sein du système d'innovation. Au cours des dernières années, elle a été liée à un nombre croissant de questions cruciales, notamment la présence ou l'absence de main-d'œuvre spécialisée indispensable et l'existence d'un exode des compétences du Canada au profit d'autres pays industriels de pointe. Reprenant les préoccupations soulevées par l'Association canadienne de la technologie de l'information, Industrie Canada a précisé, dans un document rendu public en novembre 1997, que le Canada pourrait être aux prises avec de sérieux exodes de compétences se chiffrant à 20 000 ingénieurs en logiciel d'ici l'an 2000. Ces propos reflètent la position de la Information Technology Association of America qui, dans un rapport semblable, a soutenu qu'il y avait présentement 190 000 postes vacants de travailleurs dans le domaine de la technologie de l'information au sein des moyennes et grandes entreprises américaines. En outre, elle ajoute que le nombre de baccalauréats décernés annuellement par des universités américaines dans l'informatique a chuté de 43 p. 100 entre 1986 et 1994.

La précision de ces chiffres et les explications de ce phénomène sont chaudement débattues. Un élément qui influe à la fois sur la formation au niveau des études de premier cycle et des études supérieures dans des domaines importants des sciences et de la technologie, c'est la tendance de l'embauche d'étudiants, surtout au niveau des études supérieures, avant l'obtention de leur diplôme.

Bien que cette tendance puisse intensifier l'entrée de main-d'œuvre qualifiée dans le marché du travail, elle peut aussi réduire le nombre disponible d'éducateurs et de chercheurs préparant ou possédant un doctorat pour former la prochaine génération d'étudiants. Ces pénuries sont habituellement attribuées à la suffisance du financement général consacré à l'enseignement postsecondaire, mais elles dépendent aussi de l'ampleur et de la qualité du financement de la recherche. La disponibilité du financement consacré à la recherche incite les titulaires d'un doctorat à effectuer de la recherche et à rester dans un domaine particulier et peut même jouer un rôle déterminant dans leur décision, soit s'ils doivent demeurer au pays ou le quitter. Vice versa, les inscriptions à la baisse et le nombre de diplômés dans des domaines critiques, conjugués au départ des étudiants pour d'autres instances peuvent constituer des indicateurs importants indiquant un niveau de financement insuffisant dans ces domaines. Les préoccupations au sujet des pénuries de main-d'œuvre qualifiée et de la perte possible de chercheurs clés soulignent toutefois un fait au centre de la recherche dans l'enseignement postsecondaire — ce sont les personnes qui effectuent les travaux de recherche et non les établissements. Les efforts visant à juger de l'efficacité du produit de la recherche doivent reconnaître l'importance d'attirer des chercheurs de tout premier ordre dans les établissements fortement axés sur la recherche.

2.3 Transfert du savoir dans le système scientifique

Finalement, le système scientifique joue un rôle critique dans le transfert et la diffusion des connaissances dans l'ensemble de l'économie à d'autres parties du système d'innovation. À cette fin, il faut donc développer de plus en plus de liens entre le système scientifique et le secteur privé pour favoriser une diffusion plus efficace des formes pertinentes de savoir. L'importance accrue que le gouvernement accorde aux partenariats avec l'industrie signifie que de nombreuses initiatives de financement par le gouvernement fédéral, les organismes subventionnaires nationaux et les gouvernements provinciaux ciblent la recherche issue d'applications plus commerciales à l'autre bout de la chaîne. Ce changement de direction a été provoqué par la croyance voulant qu'un tel changement entraînera, au sein des établissements d'enseignement postsecondaire, la conduite de travaux de recherche plus pertinents à l'industrie et accélérera le transfert des connaissances appliquées aux innovateurs au sein du secteur privé où elles pourront être utilisées plus rapidement pour concevoir des produits ou des procédés novateurs. Cependant, il est extrêmement difficile de vérifier dans quelle mesure ce changement a porté fruit. De plus, en raison de l'éloignement progressif de l'activité de recherche universitaire guidée par un esprit de curiosité, on craint que la base sous-jacente de la

recherche fondamentale qui alimentera la prochaine génération d'innovations technologiques soit en train de s'éteindre et qu'elle ne permettra pas de relever le défi.

En général aux États-Unis et au Canada, on a de plus en plus le sentiment que l'accent sur le financement ciblé sur la recherche appliquée au niveau de l'enseignement postsecondaire, associé à une diminution du rôle de certains laboratoires d'entreprises importantes dans la recherche fondamentale met en danger le statut à long terme de la recherche fondamentale. Avant de mettre fin précocement à ses activités, le US Office of Technology Assessment a lancé, dans l'un de ses derniers rapports, une mise en garde selon laquelle, à la lumière des pressions pour réduire les déficits budgétaires fédéraux, le financement de la recherche fondamentale dans les universités et les laboratoires fédéraux pourrait être réduit davantage, un changement qui «[...] pourrait drainer sérieusement le réservoir de la recherche fondamentale dont les entreprises américaines pourront profiter» [Traduction libre]. Un livre blanc publié récemment aux États-Unis dans le *R&D Magazine* contenait la même mise en garde. Il souligne la préoccupation croissante au sein des directeurs de R-D dans l'industrie et des administrateurs d'universités dans le domaine de la recherche qui croient que l'abandon graduel de la recherche fondamentale et l'accent à plus long terme sur la recherche davantage axée sur les applications à vocation commerciale, dont les horizons sont à plus court terme, assèchent le réservoir de connaissances scientifiques qui pourraient alimenter les innovations futures.

Comme le souligne l'OCDE, «Du fait notamment de l'importance qui est maintenant la sienne dans une économie du savoir, le système scientifique se trouve écartelé entre les domaines traditionnels de la recherche et les investigations qui promettent des résultats immédiats. Selon une thèse largement répandue, pour que les scientifiques puissent créer les connaissances qui donneront naissance aux technologies du siècle prochain, [...]. Ils devraient bénéficier d'une marge de manœuvre suffisante pour orienter leurs recherches en se laissant guider par leur propre esprit de curiosité, même si ces voies ne paraissent pas avoir une valeur immédiate pour l'industrie» (1996).

2.4 Dimensions du savoir dans le système scientifique

Comme on le signale au début du présent document, l'importance accrue accordée à la nouvelle économie du savoir insiste beaucoup sur notre capacité de distinguer les flux de connaissances pertinents au système d'innovation des autres formes d'information ainsi que de dissocier les divers

types de savoir. Comme les activités novatrices s'appuient sur différents types de connaissances et d'information, l'incapacité de les dissocier peut causer de sérieux problèmes en raison des erreurs de mesure. Par exemple, la technologie de l'information moderne possède une caractéristique unique, soit sa capacité «d'automatiser» les activités auparavant mécaniques du traitement des données en les convertissant en processus électroniques (soit grâce à l'utilisation des scanners de codes à barres) et simultanément «d'informer», en créant de nouvelles bases de données impressionnantes contenant des renseignements utilisables dérivés des données balayées par ces appareils électroniques. La nouvelle théorie de la communication fait la distinction entre les données, les unités élémentaires de communication et l'information et les données structurées ou formatées aux fins de transmission. Il faut toutefois des connaissances pour fournir les contextes conceptuels et analytiques en vue d'interpréter et de donner un sens à l'information ainsi recueillie (David et Foray, 1995). Pour donner un sens plus large à l'analogie susmentionnée, les programmes de bases de données structurées et les techniques d'extractions de données plus récentes aident les entreprises à extraire des connaissances utiles de ces bases de données nouvellement conçues.

Un des défis que devra relever la nouvelle économie du savoir découle du fait que l'explosion virtuelle des nouvelles bases de données et les sources potentielles d'information accordent plus d'importance au rôle du savoir. Dans ce sens, on fait souvent allusion au savoir comme étant un savoir explicite ou articulé qui est associé avec des tâches plus formelles de l'investigation scientifique. Le savoir ainsi produit peut être transmis dans un langage scientifique formel et il se conforme aux principes et aux lois scientifiques généraux reconnus par la communauté scientifique formelle, dont la majorité de ses membres oeuvrent dans l'enseignement postsecondaire au sein des établissements et des laboratoires de recherche qui forment le système scientifique. Les constatations des efforts de recherche formels font l'objet de rapports scientifiques dont les résultats sont partagés de façon plus générale avec d'autres membres de la communauté scientifique, et les lois et principes qui en résultent sont codifiés dans des manuels et transmis à la prochaine génération de chercheurs. Ces lois ont tendance à refléter les paradigmes prédominants dans les efforts scientifiques dans une discipline particulière, et fournissent donc une orientation à la recherche scientifique de l'avenir (Faulkner, 1995). Le savoir explicite ou articulé de ce type correspond généralement au modèle de recherche des économistes. Il affiche de nombreuses qualités d'un bien «public» pur; il «n'a pas d'égal» en ce sens qu'il peut s'étendre à l'infini sans perdre ses qualités intrinsèques, de telle sorte qu'il peut être utilisé

simultanément par de nombreux membres de la communauté scientifique; et il est durable, car sa valeur ne diminue pas avec une utilisation accrue (David et Foray, 1995).

Cette forme de savoir se distingue du savoir tacite qui n'est pas bien compris, ni facilement communiqué. Le savoir tacite est hautement personnel, difficile à formaliser dans des lois ou des principes scientifiques, et est donc plus difficile à transmettre facilement. Il est profondément enraciné dans l'action et dans le contexte scientifique, tant organisationnel que spatial, dans lesquels les personnes acquièrent ce savoir. Il se compose en partie des capacités techniques acquises par les personnes dans l'exercice de leur travail quotidien, qu'elles soient des chercheurs au sein d'établissements d'enseignement postsecondaire, des scientifiques de la R-D ou des ouvriers d'usine exécutant leurs tâches habituelles. Le savoir tacite est également fondé sur une importante dimension cognitive qui comprend les modèles mentaux, les croyances et les perspectives qui sont enracinées si profondément dans la façon de penser d'une personne qu'elle n'en fait habituellement pas de cas, raison pour laquelle il n'est pas facilement articulé. On peut citer à cet égard l'illustre phrase de Michael Polanyi, soit que «Nous en savons plus que nous le réalisons» (1966) [Traduction libre].

De plus en plus, la recherche sur le processus d'innovation au sein des entreprises privées et sur le transfert du savoir utile des établissements de recherche aux entreprises privées insiste sur le rôle inestimable de la dimension tacite dans le processus d'innovation. De plus, contrastant directement avec le savoir explicite ou articulé, cette forme de savoir n'est pas partagée facilement au sein d'une communauté de recherche internationale utilisant les technologies modernes de communication. Ce savoir est plutôt délimité par l'espace et dépend de la proximité pour être pleinement compris. Le savoir tacite possède une dernière caractéristique, soit sa valeur économique qui est directement rehaussée par l'explosion virtuelle d'un plus grand nombre de formes codifiées et explicites du savoir produites par une économie qui s'appuie de plus en plus sur le savoir. Plus il est facile d'avoir accès aux formes codifiées du savoir, plus les formes tacites deviennent précieuses dans le maintien des avantages des entreprises individuelles et des régions géographiques. La proximité aux établissements fortement axés sur la recherche et la capacité d'avoir accès à leur réservoir de savoir tacite et explicite pourraient bien devenir un facteur déterminant dans l'évaluation de l'ensemble des avantages de leur produit de recherche. Il va sans dire que cela constitue un défi de mesure fondamental pour toute tentative d'évaluation de la qualité et de l'efficacité de la recherche dans l'enseignement

postsecondaire. Si la dimension potentiellement la plus utile du savoir ne peut même pas être complètement articulée, elle sera sans doute difficile à mesurer.

3.0 Suffisance des indicateurs statistiques actuels

Les efforts visant à mesurer la qualité et l'efficacité de l'activité de recherche des établissements d'enseignement postsecondaire doivent d'abord employer la base actuelle des indicateurs statistiques disponibles pour effectuer cette tâche. Dans sa publication récente intitulée *Activités et incidences des sciences et de la technologie : Cadre conceptuel pour un système d'information statistique 1998*, Statistique Canada utilise le cadre du système scientifique décrit ci-dessus, mais signale que nous ne pouvons pas répondre adéquatement aux questions relatives à la nature des flux de connaissances dans le système d'innovation canadien à l'aide de la base actuelle de l'information statistique, soit que «[...] les indicateurs de S-T sont peu ordonnés et parfois même trompeurs».

Les deux premières dimensions des flux de connaissances, soit la production du savoir et la transmission du savoir, sont plus faciles à saisir que la troisième dimension, car les données disponibles se situent en effet principalement dans la dimension explicite ou codifiée du savoir au lieu de la dimension tacite. De plus, pour déterminer quelles mesures on devra utiliser pour explorer les dimensions des flux du savoir au sein du secteur de recherche dans l'enseignement postsecondaire, il importe de remarquer que l'activité de recherche peut être évaluée en mesurant les apports et les produits. Les mesures sur les apports fournissent une indication sur l'ampleur de l'activité se déroulant dans la production ou la transmission du savoir, mais elles ne sont, au mieux, qu'une estimation des produits réels du savoir dans le secteur de la recherche au lieu d'en donner une valeur précise.

Dans les mesures des apports au processus de production du savoir, la plus évidente est celle de la valeur des dépenses de R-D dans le secteur de l'enseignement supérieur. Statistique Canada recueille régulièrement des données sur ce sujet et en effectue la répartition selon un certain nombre de dimensions, y compris les dépenses par province, par source de financement ainsi que par domaine d'activité de recherche. La difficulté à l'égard des données actuelles réside dans les techniques utilisées pour estimer les dépenses à l'égard de la recherche dans le secteur de l'enseignement supérieur. Statistique Canada s'appuie sur diverses techniques d'estimation pour déterminer la valeur totale des dépenses de R-D dans les établissements d'enseignement postsecondaire ainsi que la distribution de

ces dépenses dans les principaux domaines de la science, et, finalement, pour distribuer la valeur des fonds selon les sources des fonds. Un des problèmes clés réside dans la difficulté d'estimer la valeur de l'activité de recherche financée à même les propres budgets des établissements d'enseignement postsecondaire. Les données actuelles reposent sur un certain nombre de techniques utilisées pour estimer la partie du temps du personnel enseignant consacrée à la recherche, et, par conséquent, la partie des budgets des établissements consacrée à l'activité de recherche dans les divers domaines scientifiques enseignés. La collecte de mesures plus précises sur l'étendue des fonds consacrés à l'activité de recherche dans les établissements d'enseignement postsecondaire nécessiterait un effort important à la fois des établissements eux-mêmes et des ministères provinciaux de l'Éducation. Il serait très souhaitable d'obtenir des données plus fiables à cet égard afin d'améliorer les sources de données nationales concernant les dimensions de l'activité de recherche dans le secteur de l'enseignement supérieur.

D'autres données disponibles auprès de Statistique Canada comprennent des estimations de dépenses liées à la recherche dans le secteur de l'enseignement supérieur par industrie. Ces données pourraient servir d'indicateur sur l'ampleur du partenariat dans le domaine de la recherche entre les établissements d'enseignement postsecondaire et les entreprises privées et pourraient être utilisées pour mesurer l'efficacité de l'activité de recherche. Cependant, une fois encore, ces données ne sont disponibles qu'au niveau des provinces au lieu des établissements, limitant ainsi leur efficacité actuelle à titre d'outils de mesure pour évaluer l'efficacité de la recherche dans l'enseignement postsecondaire. De plus, il s'agirait toujours de mesures portant uniquement sur les apports.

On peut se procurer des données sur les apports à la production du savoir au sein du secteur de l'enseignement postsecondaire auprès d'autres organismes, y compris les organismes subventionnaires fédéraux et diverses sources de financement provinciales. Ces données sont réparties de façon plus détaillée selon un grand nombre d'activités de recherche différentes, l'orientation des fonds et le type des divers programmes auxquels ils sont consacrés. Il se peut que ces sources fournissent des données sur l'ampleur du partenariat industriel associé à une variété de programmes différents. Bien que ces sources de données fournissent sans doute une répartition plus précise des types et domaines d'activité auxquels les fonds de recherche sont consacrés dans le secteur de l'enseignement postsecondaire, elles

représentent, au plus, un indicateur partiel de la quantité totale d'activité de recherche qui s'effectue au sein des établissements d'enseignement postsecondaire.

D'autres sources sont disponibles pour estimer le produit de la production du savoir dans le secteur de l'enseignement postsecondaire. Ces sources traditionnelles reposent sur des mesures faisant appel à la bibliométrie telles que le *Science Citation Index* (Index des citations scientifiques). Des travaux récents entrepris par Statistique Canada ont appuyé la création d'une nouvelle base de données de mesures faisant appel à la bibliométrie au Canada qui est disponible par l'entremise de l'Observatoire des Sciences et Technologies au Centre universitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST) à l'Université du Québec à Montréal. Les mesures bibliographiques contenues dans la base de données de l'Observatoire fournissent de l'information détaillée sur une gamme étendue de disciplines scientifiques dans les sciences naturelles et physiques, les sciences biomédicales et de la santé et les sciences de l'ingénieur. La base de données comprend également des données sur les disciplines des sciences sociales et des lettres et sciences humaines. L'information contenue dans cette base de donnée est dérivée du *Science Citation Index* très facilement accessible, mais elle a nécessité un apport considérable d'efforts en vue d'assurer sa fiabilité à l'égard du secteur de recherche canadien de l'enseignement postsecondaire.

Ces mesures fournissent une indication potentielle du produit du savoir du secteur de l'enseignement postsecondaire, on doit toutefois prendre garde de ne pas trop s'en fier pour estimer et évaluer le produit de la recherche. Cette mise en garde repose sur diverses raisons. Les mesures faisant appel à la bibliométrie issues du *Science Citation Index* ne représentent pas toujours la gamme complète des moyens de publication utilisés par les chercheurs universitaires. En particulier, l'étendue de ces bases de données varie considérablement au sein des disciplines universitaires et est beaucoup moins fiable dans les domaines des sciences sociales et des lettres et des sciences humaines que dans ceux des sciences naturelles, de l'ingénierie et dans le domaine médical. En outre, la base de données, dans sa structure actuelle, est limitée en ce sens qu'elle fournit de l'information en fonction d'une base provinciale au lieu d'une base plus étroite, soit celle des établissements individuels, qui serait nécessaire pour mesurer le produit de la recherche. L'information contenue dans la base de données de l'Observatoire pourrait être raffinée afin que les autorités provinciales puissent s'en servir en fonction

de chaque établissement. Cette tâche nécessiterait donc beaucoup de temps et d'efforts et ferait l'objet d'une vive résistance de la part de certains établissements d'enseignement et organismes universitaires.

Il semblerait que l'indicateur le plus utile pour mesurer le produit de la transmission du savoir soit celui du nombre de diplômés des établissements d'enseignement postsecondaire et le flux de diplômés de ces établissements aux autres secteurs de l'économie. À cet égard, Statistique Canada a récemment terminé une nouvelle enquête qui fournit de l'information détaillée sur les flux des diplômés des domaines des sciences et de la technologie au marché du travail. Toutefois, elle ne fournit pas une répartition détaillée des diplômés des sciences et de la technologie en fonction de chaque établissement de recherche. L'information constitue toutefois un indicateur utile sur la pertinence de diverses sources d'enseignement postsecondaire à diverses industries au sein de l'économie nationale.

Finalement, nous abordons la troisième dimension du flux du savoir, soit celui du transfert du savoir. Il s'agit de la dimension pour laquelle il est le plus difficile d'obtenir des mesures raisonnables, et ce, pour diverses raisons. La raison la plus importante semble être la difficulté de déterminer exactement la partie du produit de l'activité de recherche qui est utilisée par le secteur des entreprises privées et la forme sous laquelle elle est adoptée et utilisée par ces entreprises dans le processus d'innovation. De plus, il serait très difficile d'obtenir des estimations fiables sur la nature et les mesures exactes du produit de la recherche des établissements de recherche individuels. Enfin, comme l'indiquent les propos antérieurs de cet exposé, il existe des différences importantes entre les dimensions explicite et tacite des flux du savoir. Un nombre croissant de travaux de recherche universitaires laisse entendre que, même si la dimension tacite du savoir est beaucoup plus difficile à estimer et à mesurer, elle pourrait bien se révéler la plus utile.

La situation se complique davantage en raison du fait que seulement une petite partie de la recherche effectuée au sein des universités possède un potentiel immédiat de commercialisation. Par conséquent, il importe de comprendre les facteurs qui affectent la capacité des universités à commercialiser la propriété intellectuelle mise au point par l'entremise de leurs activités de recherche. À la demande d'Industrie Canada, l'Institut canadien des recherches avancées (ICRA) a rédigé un rapport qui indique que le processus de commercialisation se limite à deux ensembles d'actions, soit l'identification et la protection des éléments pouvant constituer des connaissances utiles et le transfert des connaissances

protégées à des sources qui peuvent les commercialiser avec succès. La mise en œuvre réussie de ces deux éléments dépend principalement de l'évaluation visant à déterminer si une propriété intellectuelle donnée peut être commercialisée. Les coûts de l'évaluation du potentiel de commercialisation sont très élevés, et il est crucial d'identifier un attributaire des résultats d'une recherche donnée. En général, les efforts de la technologie sont moins efficaces que ceux du marché dans le transfert des résultats de recherche de l'université au marché du travail. Cette constatation est conforme à celles de nombreuses autres études sur le processus d'innovation (ICRA, 1995).

En dépit de ces propos, il demeure exact de dire qu'il existe un certain nombre d'instruments dont on peut se servir pour aider à estimer la nature et le degré de ces types de flux de connaissances. Au nombre de ces mesures, il y a la récente enquête menée par Statistique Canada sur la commercialisation de la propriété intellectuelle au sein des établissements d'enseignement postsecondaire. La commercialisation de la propriété intellectuelle, au mieux, représente une très petite partie du produit total de l'activité de recherche au sein du secteur de l'enseignement postsecondaire et de la partie encore très faible de l'ensemble des connaissances transférées des établissements de recherche dans l'enseignement postsecondaire à l'industrie privée. On doit donc faire preuve de prudence lorsque l'on emploie cette source de données à titre de mesure pour estimer l'efficacité du transfert du savoir du secteur de l'enseignement postsecondaire aux entreprises privées de commercialisation. On se heurtera à un autre obstacle lorsqu'on essaiera d'utiliser ces mesures, car ces données ont été recueillies seulement sur une base nationale et ne permettent pas d'identifier les établissements de recherche individuels. On a ainsi agi afin de dissiper les inquiétudes des établissements de recherche individuels à l'égard de l'utilisation potentielle de ces données.

Bien que certaines de ces nouvelles données aideront à mieux comprendre l'ampleur du transfert de la technologie du secteur de l'enseignement postsecondaire aux entreprises commerciales du secteur privé, elles ne représentent, au mieux, qu'une petite partie de l'activité totale. Les choix des entreprises concernant l'adoption des progrès réalisés au niveau de la recherche dans les universités font davantage l'objet de suppositions que de conclusions d'une étude. Des travaux récents donnent une idée du sujet. En fait, la Yale University a mené une étude auprès de 650 gestionnaires de R-D oeuvrant au sein d'entreprises américaines représentant 130 secteurs d'activité. Cette étude visait à comprendre les différences entre les industries à l'égard des sources d'occasions technologiques. Elle établissait une

distinction entre les deux rôles d'appui de la science dans l'innovation : le premier qui vise à étendre le réservoir des techniques théoriques et de résolution de problèmes déployées dans la R-D industrielle, mais qui ne sont pas nécessairement nouvelles au plan de la recherche; l'autre à titre de source directe de nouveaux débouchés technologiques menant à de nouvelles solutions pour des problèmes qui ne sont pas nouveaux. La première constatation était que le rôle de la science à titre de vaste réservoir de connaissances est plus pertinent que les résultats de recherche provenant directement de la recherche scientifique. En général, la recherche actuelle est perçue comme étant moins pertinente de façon directe aux activités innovatrices de l'industrie. Les gestionnaires de R-D industrielle accordent davantage d'importance au bagage et à la formation scientifiques de leur personnel de R-D qu'aux activités de recherche menées présentement par des chercheurs universitaires (Klevorick *et al.*, 1995).

De façon semblable, l'enquête PACE menée pour le compte de la DG XIII de la Commission européenne a interrogé des gestionnaires de R-D des 500 plus grandes entreprises manufacturières et industrielles de l'Union européenne. Bien que l'enquête mettait l'accent sur l'ensemble des sources d'information utilisées par ces entreprises dans le processus d'innovation, elle a également donné un aperçu du rôle joué par les installations de recherche publiques. L'enquête a révélé que le degré de dépendance des installations de recherche publiques à titre de sources de connaissances varie considérablement au sein des entreprises de haute technologie aux entreprises à faible technologie, de même que d'un pays à un autre (Arundel *et al.*, 1995). Selon d'autres résultats d'une enquête auprès des industries de haute technologie aux États-Unis menée entre 1975 et 1985 par E. Mansfield, la recherche universitaire joue un rôle plus direct dans les processus d'élaboration et de transmission du savoir, représentant directement 10 p. 100 des nouveaux produits et processus (Mansfield et Lee, 1996).

Ce type d'étude n'a jamais été fait au Canada. On a déjà tenté de mener une étude semblable à celle de la Yale University, mais sans succès, faute de fonds. Ces enquêtes ne fournissent pas d'information directe sur la qualité et l'efficacité des établissements de recherche individuels, mais elles donnent un aperçu précieux de la nature des flux de connaissances des universités aux industries sur une base nationale ou régionale. En soi, elles peuvent servir d'indicateur disponible pour estimer l'utilisation par l'industrie des connaissances produites par le système scientifique.

Une approche légèrement différente utilisée dans une étude portant sur les liens en matière de recherche entre les industries et les universités jette un regard nouveau sur la nature des liens. Cette étude a abordé le lien du point de vue de l'organisation novatrice, en mettant l'accent sur ses besoins de connaissances et en tentant de mieux comprendre les flux de connaissances des universités aux industries. L'étude reposait sur des entrevues, mais afin de traiter le sujet assez en profondeur, ces entrevues ont été menées auprès d'un certain nombre de personnes dans chaque compagnie et auprès de plusieurs compagnies dans chaque secteur. Une des principales constatations de l'étude, c'est l'importance relative des contacts informels et des flux de connaissances tacites pour favoriser le transfert de technologies entre les chercheurs des universités et des industries. Cependant, l'étude conclut également que la recherche menée dans des établissements du secteur public est relativement moins importante que celle des sources internes commerciales ou d'autres entreprises (Faulkner, 1995).

Un second aspect des flux de connaissances place le lien entre les universités et les industries dans le contexte du système régional d'innovation. L'aspect géographique de la production dans la nouvelle économie est marqué par une «conséquence paradoxale de la mondialisation» — le rôle du savoir et de la créativité accorde beaucoup d'importance au type d'innovation localisée ou régionale qui est favorisée par la proximité. Des capacités axées sur l'innovation sont souvent soutenues par des communautés régionales qui partagent une base commune de connaissances et interagissent par l'entremise d'établissements communs. Le système scientifique constitue le noyau de cet environnement. La proximité de la source de recherche est critique pour contribuer au succès avec lequel de nouveaux produits novateurs sont transmis du laboratoire à l'exploitation commerciale, ou des traitements novateurs sont adoptés et diffusés aux concepteurs et aux utilisateurs. Un secteur de recherche important s'est penché sur les débordements géographiques issus du financement gouvernemental aux autres types d'activités comme la R-D industrielle.

Une étude faisant autorité menée par Adam B. Jaffe visait à mesurer les débordements géographiques aux États-Unis. En se servant des brevets pour estimer le produit de l'innovation, il a relié la fréquence des brevets décernés à diverses entreprises dans divers États à la R-D industrielle et la recherche universitaire. Ses résultats démontrent qu'il y a en effet des débordements de la recherche universitaire et des brevets industriels. Il existe aussi un lien entre la R-D industrielle et la recherche universitaire au

niveau des États. La recherche universitaire favorise la R-D industrielle, mais non le contraire (Jaffe, 1989). Dans une étude semblable, Z. Acs *et al.* ont constaté que les débordements entre la recherche universitaire et l'innovation étaient plus importants que A. Jaffe les avait décrits (Acs *et al.*, 1992). Utilisant les mêmes données que Z. Acs, M.P. Feldman et R. Florida ont démontré que la géographie compte dans le processus de l'innovation : «Dans l'économie moderne, l'avantage géographique dans la capacité d'innover dépend encore plus des agglomérations de compétences, de connaissances, d'établissements et de ressources spécialisés qui composent l'infrastructure technologique de base (d'un endroit)» (1994, p. 212) [Traduction libre]. Les travaux d'Ewin Mansfield, dont on a parlé ci-dessus, confirment également ce fil qui forme le tissu de la recherche. Dans une étude auprès de 70 entreprises américaines importantes, E. Mansfield et J.-Y. Lee ont constaté que la distance aide à déterminer les entreprises qui profiteront des avantages économiques d'une innovation fondée sur la recherche universitaire. Les entreprises situées dans le pays et dans la région où la recherche universitaire est menée ont probablement beaucoup plus de chances que les entreprises éloignées d'être les premières à appliquer les résultats de la recherche. On estime que les entreprises situées près des principaux centres universitaires de recherche ont un avantage important sur celles situées loin des sources universitaires de recherche (Mansfield et Lee, 1996).

Les résultats cités ci-dessus fournissent une meilleure idée du lien entre la recherche universitaire et l'innovation régionale, mais ils sont encore limités dans une certaine mesure. La recherche a tendance à mettre l'accent sur l'importance de diverses sources de connaissances techniques orientées vers l'industrie au lieu du processus de collaboration technique et ne fournit donc que très peu de renseignements sur les moyens par lesquels le savoir est transféré des universités aux industries. L'étude de la Yale University n'est pas complètement en accord avec les études sur les débordements géographiques. De plus, étant donné que ces études ont été menées principalement du point de vue de l'industrie au lieu du secteur de l'enseignement postsecondaire, elles ne jettent pas beaucoup de lumière sur l'apport des établissements de recherche individuels. La tenue d'études semblables au Canada pourrait néanmoins fournir un indicateur utile sur les sources et les types de connaissances auxquels les entreprises accordent de l'importance ainsi que sur le moyen le plus efficace de transmettre le savoir entre les secteurs. La tenue d'une étude fondée sur une approche plus qualitative élaborée par W. Faulkner et Senker pourrait jeter un peu de lumière sur les tâches plus difficiles

permettant de suivre les flux de connaissances tacites entre le secteur de l'enseignement postsecondaire et l'industrie.

Les propos du présent exposé mettent en évidence la complexité des questions relatives à l'utilisation des mesures actuelles ou à l'élaboration de nouvelles mesures pour évaluer la qualité et l'efficacité des efforts en matière de recherche au Canada par les établissements du secteur postsecondaire. Ils décrivent les trois fonctions du système scientifique pertinentes au processus d'innovation et examinent la situation actuelle des sources de données disponibles pouvant être utilisées pour mesurer l'efficacité de la recherche dans cette ligne de pensée. Ils se penchent également sur certains travaux de recherche récents qui indiquent d'autres types de mesures qui pourraient être utilisées. On doit toutefois faire preuve de prudence afin d'éviter de réduire les flux de connaissances complexes dans le système d'innovation aux sources de données actuelles, simplement afin d'obtenir des mesures. Il faudrait travailler à élaborer de nouvelles mesures qui représentent plus précisément l'apport du système scientifique.

4.0 Bibliographie

ACS, Zoltan, J., AUDRETSCH, David, et FELDMAN, Maryann. «Real Effects of Academic Research: Comment», *American Economic Review*, vol. LVXXXII, n° 1, 1992, p. 363-367.

ARUNDEL, A., VAN DE PAAL, G., et SOETE, L. *PACE Report: Innovation Strategies of Europe's Largest Firms: Results of the PACE Survey for Information Sources, Public Research, Protection of Innovations, and Government Programmes*, Final Report, MERIT, University of Limberg, Maastricht, 1995.

BRANSCOMB, Lewis, M. «From Science Policy to Research Policy», dans *Investing in Innovation: Creating a Research and Innovation Policy that Works*, Lewis M. Branscomb et James H. Keller (s. la dir. de), Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 1998, p. 112-139.

DAVID, P., et FORAY, D. «Distribution et expansion de la base des connaissances scientifiques et technologiques», *Revue STI*, n° 16, Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), Paris, 1995, p. 13-68.

EDQUIST, Charles (s. la dir. de). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organisations*, Londres, Pinter, 1997.

FAULKNER, Wendy. «Getting Behind Industry—Public Sector Research Linkage: A Novel Research Design», *Science and Public Policy*, vol. 22, n° 5, 1995, p. 282-294.

FELDMAN, M.P. et FLORIDA, R. «The Geographic Sources of Innovation: Technological Infrastructure and Production Innovation in the United States», *Annals, Association of American Geographers*, vol. LXXXIV, n° 2, 1994, p. 210-228.

INSTITUT CANADIEN DES RECHERCHES AVANCÉES. *The Commercialization of University Research in Canada: A Discussion*, Toronto, 1995.

JAFFE, Adam, B. «Real Effects of Academic Research», *American Economic Review*, vol. LXXIX, n° 5, 1989, p. 957-970.

KLEVORICK, A.K., LEVIN, R., NELSON, R., et WINTER, S. «On the Sources and Significance of Inter-Industry Differences in Technological Opportunities», *Research Policy*, vol. XXIV, 1995, p. 185-205.

MANSFIELD, E. et LEE, J.-Y. «The Modern University: Contributor to Industrial Innovation and Recipient of Industrial R&D Support», *Research Policy*, vol. XXV, 1996, p. 1047-1058.

METCALFE, Stan. «Economic Theory and Technology Policy», *Cambridge Journal of Economics*, juin 1995.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES. «*L'économie fondée sur le savoir*», *Perspectives de la science, de la technologie et de l'industrie 1996*, Paris, Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 1996.

STOKES, Donald, E. *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*, Washington, D.C., Brookings Institution Press, 1997.

WOLFE, David, A. *Le rôle des provinces dans la politique de recherche de l'enseignement postsecondaire : un document de travail*, préparé pour le CMEC, Toronto, 1998.