

Télédiffuseurs hors Québec	2 209 230	15,4	-	2 168 500	10,8
Distributeurs	4 129 276	28,8	18 470	2 327 111	11,5
Exportateurs	430 000	3,0	-	384 787	1,9
Distributeurs étrangers	7 045 586	49,1	-	1 133 082	5,6

Le nouveau cadre de l'innovation, l'évolution et la pertinence des indicateurs de STI

Peter Hanel¹

Professeur

Département d'économie, Université de Sherbrooke et Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST)

Introduction

Même si, dans le passé, les activités scientifiques et technologiques pouvaient se poursuivre pour le seul plaisir intellectuel, aujourd'hui, elles répondent surtout à des impératifs économiques et sociaux. Les entreprises et les gouvernements s'interrogent de plus en plus sur l'impact des investissements en recherche et développement et sur la création et la diffusion des connaissances en général. Ces préoccupations sont directement reliées au financement de ces activités. Les fonds publics constituent soit la principale source (recherche scientifique), soit la deuxième plus importante source (développement expérimental de nouvelles technologies). Les gouvernements cherchent à évaluer les impacts de l'activité de recherche et développement qu'ils ont financée. Comme le note Godin (2002), leur préoccupation est presque exclusivement concentrée sur les impacts économiques. Les impacts sociaux, culturels, organisationnels ou politiques sont presque toujours ignorés et jamais mesurés. Sans nier l'intérêt que peuvent avoir les indicateurs non économiques, ce bref texte se limitera à faire le point sur les indicateurs appelés les « connaissances productives ». Le concept des connaissances productives vient de la théorie évolutionniste du changement technologique (Nelson and Winter, 1982), où une firme particulière peut être considérée comme un ensemble spécifique de connaissances productives (Winter, 1988, p.175). Dans ce texte, le concept de connaissances productives se généralise à l'ensemble des connaissances utilisées dans les activités dont la finalité est la conception, la production, la vente ou l'utilisation² de biens et services.

La production de nouvelles connaissances est avant tout l'objet de la science (S). Leur application à des fins productives est ce que l'on appelle la technologie (T). Les nouvelles technologies permettent d'introduire sur le marché et dans les établissements des services publics et parapublics, des produits et des procédés de production (biens et services) améliorés ou nouveaux – des innovations (I). Les résultats et les incidences économiques et sociales des STI sont nombreux, mais difficiles à identifier et à mesurer. En absence de mesures pertinentes et directes des résultats et incidences des STI, les analystes doivent se contenter d'un nombre croissant d'indicateurs partiels et imparfaits provenant d'enquêtes et d'autres sources.

1. L'auteur tient à remercier Brigitte Poussart, Line Lainesse, Claude Demers, Pierre Doray et Anthony Roger Amichia de leur lecture attentive de la première version de ce texte. Leurs commentaires et suggestions ont aidé à améliorer le texte, mais l'auteur est le seul responsable des opinions exprimées et des erreurs qui peuvent encore subsister.

2. Bien que dans le secteur privé ce soit l'acceptation par le marché qui détermine si un nouveau produit ou service constitue une innovation réussie, dans le secteur public cela peut être simplement la diffusion de l'utilisation d'un nouveau produit ou service.

La concentration et la forte croissance de la R-D institutionnalisée dans l'industrie et dans les grands laboratoires publics ont surgi après la Seconde Guerre mondiale. Depuis ce temps, l'État et le secteur privé allouent d'importantes ressources à la R-D, la principale source de nouvelles connaissances scientifiques et technologiques nécessaires à la création et à la commercialisation de nouveaux produits et procédés de production, des innovations.

À l'époque, le modèle sous-jacent préconisait l'existence d'un lien direct de la recherche scientifique au développement technologique, la production de nouveaux produits et procédés et finalement leurs ventes.

[Recherche fondamentale et appliquée] → [Développement] → [Production] → [Ventes]

Ce modèle linéaire trop simpliste est aujourd'hui rejeté par les experts en STI, mais il est toujours largement utilisé par les décideurs. Il reste populaire, car il se prête bien à la construction de divers indicateurs qui mesurent l'ampleur des ressources investies en R-D (exprimées en dépenses ou en ressources humaines). Le cadre statistique pour la construction des indicateurs des activités de R-D a été créé en s'inspirant du Manuel de Frascati (OCDE, 1993)³. Bien que le modèle linéaire décrivait assez bien de grands exploits scientifiques et technologiques de la période de la Seconde Guerre mondiale et de la guerre froide (bombe atomique, premiers ordinateurs, nouveaux produits pharmaceutiques, etc.), la séquence linéaire des activités illustrée ci-dessus simplifie exagérément, dans la plupart des cas, le processus d'innovation : (1) le modèle linéaire fait abstraction des interactions importantes entre les intervenants, les partenaires privés et publics, les fournisseurs et les clients ainsi que les différentes instances gouvernementales. (2) Il suppose, implicitement, que les résultats de la R-D correspondent aux ressources consacrées à ces activités. Or, il n'est pas du tout évident que ce soit le cas. Bien que la R-D soit souvent une activité indispensable, elle est rarement suffisante pour assurer la mise en pratique dans un procédé ou l'entrée sur le marché des produits et procédés nouveaux ou améliorés, que ce soit dans le domaine des biens ou des services privés et publics.

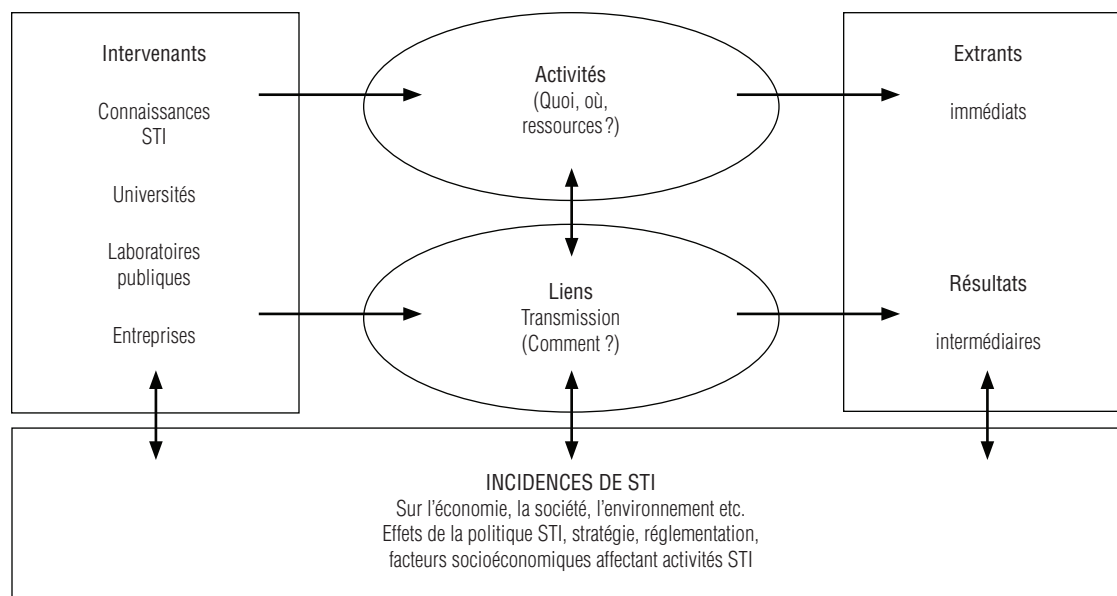
Kline et Rosenberg (1986) ont proposé un modèle plus réaliste qui prend en compte les relations complexes entre les intervenants, et aussi le caractère incrémental du processus d'innovation avec des rétroactions entre les différents stades d'innovation et des intervenants impliqués. Il souligne l'importance des collaborations et le caractère foncièrement non linéaire de l'innovation. Ce modèle constitue le cadre conceptuel du Manuel d'Oslo (OCDE, 2005), le guide méthodologique⁴ des enquêtes sur l'innovation. En même temps, un courant de recherche complémentaire (Freeman, (1992), Lundval (1992) and Nelson (1993) a introduit le concept du système national d'innovation (SNI) défini comme « un réseau d'institutions des secteurs public et privé, dont les activités et actions consistent à découvrir, à importer, à modifier et à diffuser de nouvelles technologies » (OCDE, 1994, p.3). Tandis que l'accent du modèle de Kline et Rosenberg porte sur les organisations qui découvrent, introduisent et diffusent les nouvelles technologies, celui du SNI⁵ souligne l'importance de l'interaction de ces organisations avec le milieu social et institutionnel dans lequel elles évoluent. Les deux perspectives fournissent le cadre conceptuel pour la construction des indicateurs des STI. Ce sont les principaux outils dont on dispose en ce moment pour comprendre le système des STI et le gérer de la façon aussi rationnelle que les connaissances limitées le permettent.

3. Première édition parue en 1963 est mise à jour périodiquement.

4. Le guide d'Oslo, dont la première version remonte à 1992, constitue aussi le cadre conceptuel du système d'information statistique sur les activités et incidences des sciences et de la technologie de Statistique Canada et de l'Institut de la Statistique du Québec.

5. Dans la mesure où les réseaux d'institutions favorisant l'innovation et la diffusion de nouvelles technologies existent pour une région, on parle du système régional d'innovation.

Figure 1

Cadre conceptuel pour les indicateurs de Science, Technologie et Innovation

Source : OECD. (adaptation par l'auteur de la figure 7.1, p.105), 2007.

La création des connaissances : les intervenants et leurs activités

Les principaux groupes d'intervenants dans le système des S-T sont les institutions qui produisent des connaissances. En premier lieu, les institutions de l'enseignement supérieur⁶, la R-D (surtout le développement) dans le secteur des entreprises et dans le secteur de l'État. Dans leurs activités, ils produisent de nouvelles connaissances, ils les transmettent et les diffusent aux autres intervenants. Une partie des nouvelles connaissances sert à leurs propres besoins, une autre est destinée ou peut être utilisée à leur insu par d'autres acteurs. Le premier résultat des activités de recherche est une nouvelle information. L'information est un bien aux propriétés particulières. L'utilisation de l'information ne réduit pas sa quantité mais, sur le marché, l'utilisation de nouvelles connaissances peut réduire sa valeur monétaire initiale.

Ressources humaines en science et technologie

Les ressources humaines avec compétences scientifiques ou techniques sont la source indispensable de création de nouvelles connaissances productives. L'indicateur le plus souvent utilisé porte sur le nombre de personnes avec une formation universitaire ou équivalente, leur proportion dans la population, dans les groupes d'intervenants, les institutions et leurs activités. Les ressources humaines en science et technologie (RHST) sont définies dans le Manuel de Canberra (OCDE, 1995). Les pays de l'OCDE cherchent à produire des données conformément aux lignes directrices du Manuel de Canberra, mais les différences internationales dans l'organisation et l'administration de l'enseignement entraînent une uniformisation et une comparabilité internationale stricte impossible. Au Canada et au Québec, les données proviennent de l'Enquête sur la population active (EPA) et du recensement de la population. L'EPA présente l'évolution des indicateurs de l'offre de RHST et des indicateurs de la demande du marché du travail sous forme des taux d'emploi des différents groupes de RHST. Les deux indicateurs sont interprétés comme des indicateurs partiels de la production et de la demande des connaissances, mais une telle interprétation reste très approximative comme le montre l'exemple dans l'encadré ci-dessous.

6. L'enseignement supérieur est en première place, car sa contribution principale par l'enseignement supérieur aux connaissances scientifiques et techniques de la société n'est pas comptabilisée dans les statistiques de recherche et développement, où ce secteur se trouve en deuxième place derrière celui des entreprises commerciales.

Prenons l'exemple du secteur de l'enseignement supérieur. On ne dispose pas d'une mesure directe de nouvelles connaissances acquises à l'université ou au cégep. On doit se rabattre sur une série d'indicateurs partiels, typiquement le nombre ou le pourcentage de la population des 25-64 ans titulaires d'un grade universitaire. La proportion des titulaires d'un grade universitaire dans la population ne cessait de monter de 1998 (17,5 %) à (22,9 %) en 2007⁷. (ISQ, 2008, Tableau 1.1.3). On peut interpréter la proportion croissante des diplômés comme une augmentation des connaissances productives dans la société, mais c'est une inférence indirecte et discutable. Parmi les titulaires d'un grade universitaire qui travaillent, il s'en trouve moins qu'avant qui exercent une profession scientifique ou technique⁸ (ISQ, 2008, Figure 1.2.1). Le même phénomène est aussi observé dans le reste du Canada.

Ces deux tendances contradictoires peuvent avoir plusieurs explications : 1 – pour diverses raisons, l'économie québécoise n'a pas besoin d'autant de diplômés universitaires, 2 – les employeurs discriminent (à tort ou à raison)⁹ contre les détenteurs des diplômes d'origine étrangère, 3 – ils ne trouvent pas des compétences et connaissances recherchées, 4 – la structure de l'offre disciplinaire ne correspond pas à la structure de la demande du marché du travail, 5 – l'ajustement de la demande et de l'offre de travail dans les professions scientifiques et techniques est lent, etc. Sans aller dans le détail, les questions posées suggèrent que les deux indicateurs partiels mentionnés ci-dessus ne représentent que fort imparfaitement l'évolution de la quantité des connaissances productives et leur utilisation au Québec.

La création de connaissance dans la recherche et développement

En comparaison avec les difficultés qui accompagnent l'utilisation d'une panoplie d'indicateurs¹⁰, l'utilisation des mesures monétaires des activités de STI paraît un choix à privilégier. Toutefois, interpréter comme on le fait souvent les coûts des activités de R-D comme un indicateur de nouvelles connaissances, ou comme une mesure monétaire des bénéfices provenant des activités de R-D, risque d'induire une marge d'erreurs inconnue et peut-être importante. Car, assimiler comme on le fait implicitement les coûts des activités de R-D à leur contribution économique n'est pas réaliste. L'efficacité avec laquelle la R-D est transformée en nouvelles connaissances productives et celles-ci en bénéfices économiques et sociaux dépend de plusieurs facteurs dont les plus importants sont :

- Le secteur d'exécution. La R-D exécutée et financée par le secteur des entreprises du secteur privé est d'habitude plus productive en termes économiques que celle exécutée et financée par le secteur public (Guellec and van Pottelsberghe de la Potterie, 2001).
- Les différences de structure industrielle entre les régions et pays. Par exemple, les gains de productivité sont associés plus étroitement avec la R-D dans les grands pays que dans les petits pays et aussi davantage dans les pays à la fine pointe de la technologie (É.-U.) que dans les pays technologiquement moins avancés (Canada) (Palda 1986); (Iorwerth 2005).

7. La proportion est de 22,3% en 2008, selon le tableau 1.1.6 de l'édition courante du Compendium.

8. Je remercie Mme Lessard de l'ISQ pour cette précision.

9. Selon *The Economist* (7 mars 2009, p.84), 47 % des scientifiques et ingénieurs aux États-Unis sont immigrants; la part des brevets accordés aux personnes d'origine chinoise ou indienne a monté de 4,1 % en 1970 à 13,9 % sur la période de 2000 et 2004. Presque 40 % des demandes de brevets de la société INTEL comprennent des inventeurs indiens et chinois.

10. Pour évaluer l'impact de la recherche universitaire, Godin et autres (2002) ont examiné 159 indicateurs, regroupés en 79 sous-dimensions. Ils ont recommandé à la Conférence des recteurs et des principaux des universités du Québec (CREPUQ) un ensemble de huit dimensions et 13 indicateurs pour évaluer l'impact de la recherche universitaire.

- L'industrie ou l'activité où la R-D est exécutée. Les opportunités technologiques varient d'une industrie à l'autre. Selon les études économétriques, une association positive entre les dépenses de R-D et les gains de productivité existe seulement dans les industries de haute technologie (Griliches, 1994, Hanel, 2000).
- La disponibilité dans l'entreprise (Teece 1988) des actifs complémentaires (le capital physique et humain, les compétences de gestion, la propriété intellectuelle, le réseautage efficace, la capacité d'absorption des retombées de R-D menée dans d'autres entreprises, industries, régions et pays) et les compétences de l'entreprise à tout combiner en nouveaux produits et procédés de production demandés par le marché affectent fortement le rendement de la R-D. Assimiler les coûts de R-D aux bénéfices économiques d'innovation fait abstraction de tous ces facteurs qui distinguent les entreprises qui réussissent bien leurs innovations des autres.

Pourtant, en dépit de leurs faiblesses conceptuelles évidentes, les indicateurs de coûts de R-D continuent à être utilisés, car ils se prêtent bien à des comparaisons internationales très populaires dans cette ère de *benchmarking*. Toutefois, il faut signaler la faiblesse de l'information concernant le financement par les gouvernements des dépenses de R-D intramuros du secteur des entreprises. Par exemple, au Canada, les données sur le financement par le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux incluent seulement les subventions à la R-D. Elles n'incluent pas le coût fiscal des crédits d'impôt pour les dépenses de R-D. Or, le programme des crédits fiscaux est de loin plus coûteux que celui des subventions. En plus, les programmes de crédits fiscaux du fédéral et de certaines provinces, dont celui du Québec¹¹, sont parmi les plus généreux du monde. Le caractère incomplet de l'information sur le financement public de la R-D rend les comparaisons nationales et internationales de l'appui public à la R-D impossibles dans la mesure où l'importance de l'aide fiscale varie substantiellement entre les pays comparés. Cela affecte aussi la fiabilité des comparaisons internationales d'autres indicateurs de R-D.

Par contre, la disponibilité de longues séries des statistiques de R-D permet de suivre l'évolution aux niveaux national et provincial de cette activité si importante pour le progrès technologique, l'innovation et la productivité. Par exemple, une analyse approfondie des dépenses de R-D du secteur des entreprises au Québec pour la période 2001-2005, la plus récente période avec des données révisées disponible, permet de repérer des changements importants et inquiétants (voir l'encadré ci-dessous). En comparaison, les enquêtes sur l'innovation ne sont pas, du moins au Canada, réalisées à des intervalles réguliers, et leurs contenus ainsi que la population cible changent d'une enquête à l'autre, ce qui rend les comparaisons inter-temporelles difficiles ou impossibles.

11. Il faut noter que l'ISQ publie diverses statistiques concernant l'aide fiscale à la R-D du gouvernement du Québec.

Une inquiétante évolution récente des divers indicateurs des dépenses de R-D au Québec

L'évolution des dépenses intra-muros de R-D (DIRD) en pourcentage du PIB présentée dans le Tableau 1 nous montre qu'à la suite de l'éclatement de la bulle spéculative des actions dot.com en 2000, la part du PIB consacrée à la DIRD a connu une légère décroissance au Canada d'abord, ensuite au Québec. Les tendances observées à partir de l'année 2000 dans l'ensemble des pays de l'OCDE étaient stationnaires, tandis que l'intensité des ressources consacrées à la R-D a continué à augmenter au Japon, en Corée, à Singapour (non montrée dans le tableau) et surtout en Chine.

Tableau 1

Dépenses intra-muros de R-D (DIRD) en pourcentage du PIB, Québec, Canada, OCDE et Chine, 2000 à 2006

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Québec	2,54	2,77	2,79	2,79	2,75	2,67 ^P	
Canada	1,91	2,09	2,04	2,03	2,05	2,01	1,94
OCDE	2,22	2,27	2,23	2,24	2,21	2,25	
Chine	0,90	0,95	1,07	1,13	1,23	1,33	1,43

Source : Institut de la statistique du Québec, *Compendium d'indicateurs de l'activité scientifique et technologique au Québec, Édition 2008*, Tableau 2.1.12.

Au Québec le déclin des dépenses de R-D est surtout survenu dans le secteur des entreprises. Exprimée en pourcentage du PIB, la part des dépenses de R-D intra-muros du secteur des entreprises (DIRDE) a tombé de 1,80% en 2001 à 1,55% en 2005. La part de la DIRDE dans le total des dépenses de R-D intra-muros du Québec est tombée de 2001 à 2005 de 7,3 points de pourcentage. La ventilation des dépenses de R-D ordonnées en ordre décroissant de l'importance des dépenses de R-D montre que la réduction de la DIRDE/PIB est due à la chute des dépenses des 50 premières sociétés (Tableau, 2.2.21). En fait, presque la moitié de la baisse (43,3%) est imputable aux 5 premières sociétés. Comme il s'agit de grandes et de très grandes entreprises, il est possible que la baisse observée soit due à une réduction du financement de sources étrangères, car les grandes entreprises étrangères sont importantes dans ce groupe. Mais il n'en est rien. La part du financement des sources étrangères fluctuait entre 11,0% et 12,0%; celle des sources canadiennes a légèrement décliné (Tableau 2.2.22).

Quelle industrie et quel type d'entreprise sont responsables de la baisse des dépenses de R-D du secteur des entreprises? Afin d'y répondre, il faut consulter la ventilation des dépenses totales de R-D intramuros selon le niveau technologique (Tableau 2.2.20). Le message de ces données est très inquiétant. Les dépenses de R-D des champions de recherche de haute technologie dans le secteur de la fabrication sont en baisse depuis 2001. La baisse de la DIRDE de 2001 à 2005 est causée par une chute de 20,0% des dépenses de R-D en dollars courants des plus importants exécutants de la R-D dans la fabrication de la haute technologie. Dans cette tranche la plus dynamique de l'industrie de la fabrication, les dépenses de R-D en dollars constants sont tombées d'environ de 25,0% en quatre ans¹². C'est la fabrication du secteur des technologies de l'information et des communications qui a connu la baisse la plus importante. Pour la suite, il faudra attendre que les données révisées pour 2006 confirment une légère reprise des dépenses de la DIRDE observée dans les données prévisionnelles.

12. Les données en dollars constants ventilés pour ce genre d'analyse ne sont pas publiées. Il est évident qu'en termes réels, la chute des dépenses est encore plus inquiétante. Après la conversion des dépenses de R-D courantes en termes réels, on constate une chute de 25% environ des dépenses des champions de la R-D au Québec.

Indicateurs des résultats des activités de STI

Chaque forme d'activité de STI donne lieu à des résultats de nature différente. Les découvertes scientifiques génèrent de nouvelles connaissances. Les statistiques bibliométriques constituent l'indicateur principal des résultats des activités scientifiques. Leur ventilation par disciplines scientifiques et par sujets illustre la direction de la recherche. Leur évolution dans le temps permet d'identifier son dynamisme. Les comparaisons internationales ou même régionales sont faciles à faire, mais le simple nombre de publications ne nous dit rien sur l'importance de la découverte. En plus, les standards de publication varient d'une discipline scientifique à une autre, ce qui rend problématiques les comparaisons. Pour être plus pertinent, le nombre de publications scientifiques devrait être accompagné par des mesures d'impact basées sur les citations. L'inclusion des statistiques d'impact de publications scientifiques constituerait une amélioration significative du savoir sur la production québécoise des connaissances scientifiques.

Les activités de R-D par les entreprises commerciales créent de nouvelles connaissances technologiques. La diffusion de ces connaissances procure un bénéfice aux imitateurs et usagers, mais une perte de valeur à ceux qui l'ont produit. Les entreprises cherchent donc à protéger leur propriété intellectuelle par des brevets, des marques déposées, des droits d'auteur, etc.

Les statistiques des brevets sont publiquement accessibles et contiennent une foule d'information intéressante. Pour des fins de comparabilité internationale, on privilégie utiliser les statistiques des brevets américains octroyés par USPTO, ou encore les statistiques sur les brevets triadiques protégés sur les marchés américain, japonais et européen. Bien que les brevets constituent une source d'information importante sur les nouvelles connaissances technologiques, ils sont une mesure imparfaite des résultats du développement technologique (Griliches, 1990) et encore moins de l'innovation, pour plusieurs raisons. Les entreprises brevètent ou non leurs inventions pour différentes raisons stratégiques qui n'ont que peu à voir avec la protection de leur propriété intellectuelle (Hanel, 2006). Seulement une petite fraction des brevets trouve une application en production commerciale, et leur valeur technique et monétaire varie énormément, ce qui réduit leur intérêt en tant qu'indicateurs du progrès technologique. Comme dans le cas des publications, compléter les simples statistiques du nombre des brevets par une analyse de citations augmenterait sensiblement l'information sur leur contribution technologique. Par contre, outre les rares études de cas, l'information sur les retombées monétaires des brevets n'existe pas.

Dû aux multiples formes que prennent les innovations, il ne peut exister un seul indicateur qui résumerait de façon pertinente l'ensemble des activités innovantes, des interactions entre les divers intervenants et de leurs résultats et incidences économiques et sociales. La possibilité de créer des indicateurs de l'innovation n'est apparue que récemment, faisant suite à l'administration par des agences statistiques nationales des enquêtes d'innovation. En suivant le guide méthodologique du Manuel d'Oslo (OCDE, 2005), les résultats de ces enquêtes menées par la plupart des pays de l'OCDE¹³ se prêtent aux comparaisons internationales. Puisqu'il s'agit d'une initiative toute récente en cours de réalisation, nous y consacrerons la prochaine section.

13. Les États-Unis ne participent pas.

Développement de nouveaux indicateurs de STI

Le progrès de la science et l'arrivée sans cesse de nouvelles technologies génèrent de nouvelles réalités qui demandent d'être saisies, mesurées et évaluées. Le travail en cours à l'OCDE sur les indicateurs de STI concrétise plusieurs idées présentées et discutées à la conférence internationale *OECD Blue Sky Forum on new indicators for Science, Technology and Innovation (STI)*, organisée en 2006 par Statistique Canada à Ottawa (OCDE, 2007). Une des initiatives issues de la conférence était l'établissement d'un groupe de travail sur les indicateurs d'innovation en privilégiant l'exploitation et l'analyse des micro données, c'est-à-dire des données sur les établissements et les entreprises.

Les indicateurs sont élaborés à partir des données de la 4^e édition de l'Enquête sur innovation de la communauté européenne (CIS4) qui couvre les secteurs de la fabrication et des services (pour le Canada et la Corée : seulement la fabrication; pour le Brésil : la fabrication et les mines seulement). En plus de simples indicateurs sur l'innovation technologique et non technologique, le groupe a proposé et présenté une série d'indicateurs composites. Les premiers résultats se trouvent dans la publication de l'OCDE (2009) dont nous présentons ici quelques points saillants.

Les indicateurs simples

Les indicateurs simples sont tirés des résultats d'enquêtes d'innovation nationales regroupés en cinq catégories :

I. Innovation technologique

1. Pourcentage des entreprises qui ont introduit des innovations de produit.
2. Pourcentage des entreprises qui ont introduit des innovations de procédé.
3. Pourcentage des entreprises qui ont innové (ont introduit des innovations de produit ou de procédé).
4. Pourcentage des entreprises qui ont développé des innovations technologiques (produit ou procédé) nouvelles pour l'entreprise.
5. Pourcentage des entreprises qui ont développé des innovations nouvelles pour le marché.

II. Innovation non technologique

6. Pourcentage des entreprises qui ont introduit une innovation en marketing.
7. Pourcentage des entreprises qui ont introduit une innovation organisationnelle.
8. Pourcentage des entreprises qui ont introduit une innovation non technologique (marketing ou organisationnelle).

III. Intrants

9. Dépenses totales pour l'innovation (en pourcentage du chiffre d'affaires).
10. Dépenses pour l'innovation par type de dépense (achat d'équipement, de savoir-faire externe, R-D, etc.) en pourcentage du chiffre d'affaires.
11. Pourcentage des entreprises qui ont exécuté la R-D.
12. Pourcentage des entreprises qui ont exécuté la R-D de façon continue.

IV. Extrants

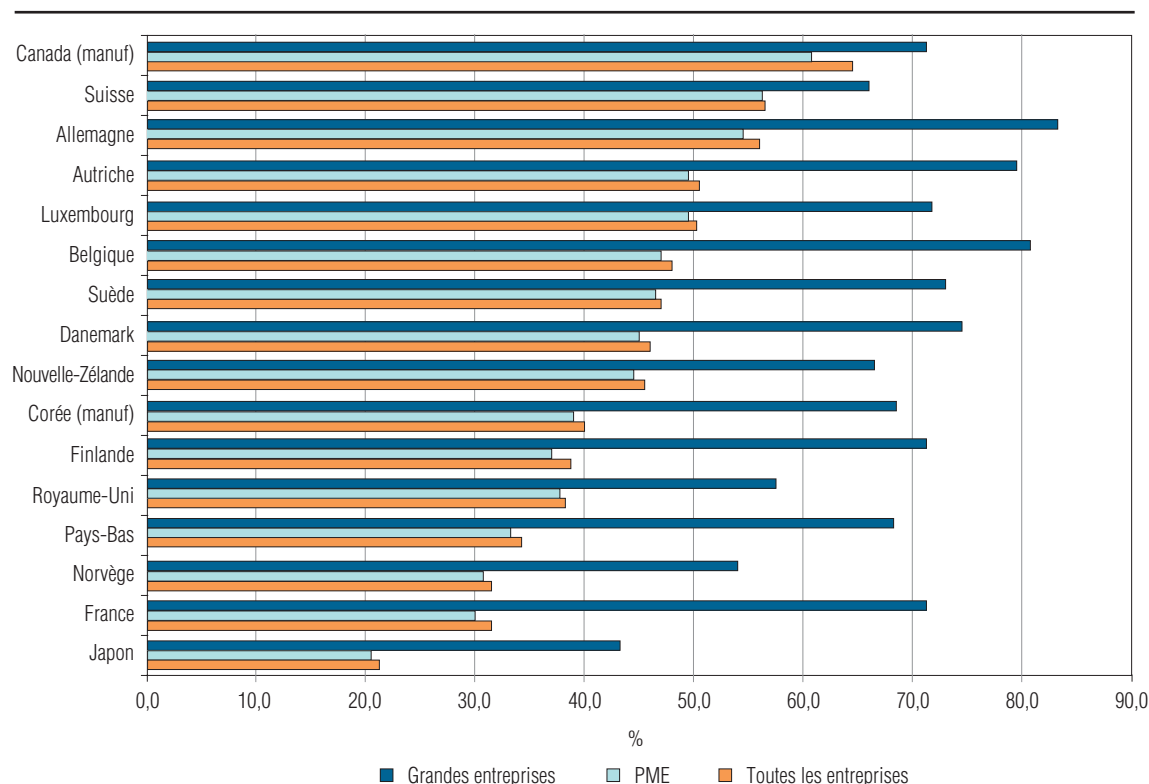
13. Part des produits innovés dans le chiffre d'affaires (en pourcentage).
14. Part des produits innovés nouveaux pour le marché (en pourcentage du chiffre d'affaires).

V. *Principales caractéristiques pertinentes pour les politiques*

15. Pourcentage des entreprises avec des ventes sur le marché international.
16. Pourcentage des entreprises ayant collaboré aux activités d'innovation avec des partenaires étrangers.
17. Pourcentage des entreprises ayant collaboré aux activités d'innovation.
18. Pourcentage des entreprises ayant collaboré avec des établissements de l'éducation supérieure ou les instituts gouvernementaux de recherche.
19. Pourcentage des entreprises ayant obtenu un support financier pour l'innovation.
20. Pourcentage des entreprises qui ont breveté pour protéger leurs innovations.

À titre d'exemple, la proportion des entreprises qui ont introduit une innovation de produit ou de procédé au cours de la période 2002-2004 est présentée dans la figure 2.

Figure 2

Entreprises ayant introduit une innovation de produit ou de procédé, en pourcentage de toutes les entreprises, pays de l'OCDE, 2002-2004


Source : OCDE. Innovation in Firms – A Microeconomic perspective, OCDE, Paris, 2009.

Les indicateurs simples sont certes intéressants, mais ne couvrent qu'un aspect de l'innovation. Ils restent muets sur les liens complexes entre les intervenants, leurs activités et stratégies et sur l'effet des politiques publiques. Ils présentent un portrait simplifié et incomplet de résultats et d'incidences de l'innovation. Ils permettent rarement de mesurer l'effet d'innovation. Par exemple, le pourcentage, ou le nombre, d'entreprises qui ont introduit une innovation de procédé de production ne dit rien sur l'effet de ces innovations sur le coût de production ou sur la productivité du travail.

Les indicateurs composites

Pour prendre en compte la diversité des entreprises innovantes insuffisamment reflétée dans les indicateurs simples, le groupe de travail a proposé et élaboré plusieurs indicateurs composites. Le premier groupe comprend des indicateurs qui caractérisent cinq modes d'innovation mutuellement exclusifs :

- *Innovateurs qui ont introduit un nouveau produit sur le marché international* et ont développé eux-mêmes un nouveau procédé de production.
- *Innovateurs qui ont introduit un nouveau produit sur leur marché national* et ont développé au moins en partie eux-mêmes un nouveau procédé de production.
- *Les modificateurs internationaux*. Entreprises qui ont introduit dans leur entreprise des innovations qui existaient déjà sur le marché international.
- *Les modificateurs nationaux*. Entreprises qui ont introduit dans leur entreprise des innovations qui existaient déjà sur le marché national.
- « *Adopteurs* » qui ont fait développer par d'autres intervenants de leur entreprise des innovations qui existaient déjà sur le marché national¹⁴.

Tableau 2

Les modes d'innovation basés sur les extrants, industries de fabrication, pays de l'OCDE et Brésil

	Nouveau sur le marché international		Nouveau sur le marché national		Modificateurs internationaux		Modificateurs sur le marché national		Adopteurs		Total	
	% ¹	%	% ¹	%	% ¹	%	% ¹	%	% ¹	%	% ¹	%
Autriche	15,5	<i>42,8</i>	2,7	<i>3,7</i>	13,7	<i>22,8</i>	7,0	<i>5,6</i>	5,0	<i>4,1</i>	43,9	<i>79,0</i>
Belgique	20,1	<i>39,4</i>	2,5	<i>1,9</i>	23,3	<i>28,7</i>	4,6	<i>3,9</i>	3,4	<i>1,7</i>	53,9	<i>75,6</i>
Brésil	0,2	<i>1,3</i>	2,1	<i>7,0</i>	0,5	<i>3,7</i>	17,6	<i>28,0</i>	13,1	<i>14,4</i>	33,5	<i>54,4</i>
Canada	25,3	<i>31,6</i>	5,0	<i>3,3</i>	24,0	<i>32,0</i>	7,3	<i>5,4</i>	3,5	<i>2,9</i>	65,1	<i>75,2</i>
Danemark	23,0	<i>46,7</i>	3,3	<i>2,5</i>	16,2	<i>18,0</i>	5,9	<i>4,1</i>	3,0	<i>1,9</i>	51,4	<i>73,2</i>
Finlande	19,1	<i>47,9</i>	4,9	<i>6,3</i>	12,8	<i>20,6</i>	3,9	<i>1,5</i>	2,8	<i>1,0</i>	43,5	<i>77,3</i>
France	11,7	<i>44,9</i>	3,3	<i>2,6</i>	10,9	<i>17,3</i>	6,9	<i>3,5</i>	1,9	<i>1,2</i>	34,7	<i>69,5</i>
Allemagne	20,4	<i>49,0</i>	3,4	<i>1,8</i>	24,7	<i>26,2</i>	9,9	<i>5,2</i>	6,3	<i>2,7</i>	64,7	<i>84,9</i>
Japon	2,7	<i>28,4</i>	5,9	<i>5,4</i>	2,6	<i>9,6</i>	9,2	<i>7,0</i>	3,9	<i>2,3</i>	24,4	<i>52,7</i>
Corée	12,6	<i>24,7</i>	9,5	<i>7,7</i>	7,9	<i>14,8</i>	7,7	<i>6,5</i>	2,6	<i>2,7</i>	40,3	<i>56,4</i>
Luxembourg	16,7	<i>54,3</i>	2,8	<i>1,1</i>	15,1	<i>14,2</i>	6,0	<i>2,7</i>	5,7	<i>1,8</i>	46,3	<i>74,1</i>
Pays-Bas	16,4	<i>40,2</i>	3,6	<i>3,2</i>	11,2	<i>17,1</i>	3,7	<i>3,3</i>	6,3	<i>4,4</i>	41,2	<i>68,2</i>
Nouvelle Zélande	11,8	<i>25,7</i>	6,1	<i>5,8</i>	10,9	<i>15,0</i>	11,7	<i>7,0</i>	7,1	<i>6,8</i>	47,6	<i>60,3</i>
Norvège	9,4	<i>23,0</i>	4,2	<i>5,8</i>	10,6	<i>16,3</i>	9,8	<i>11,0</i>	2,4	<i>3,1</i>	36,4	<i>59,2</i>
Suède	19,2	<i>46,1</i>	5,5	<i>3,1</i>	16,0	<i>16,9</i>	7,1	<i>5,0</i>	3,3	<i>1,7</i>	51,1	<i>72,80</i>
Royaume-Uni	16,7	<i>30,9</i>	5,4	<i>4,9</i>	12,2	<i>18,5</i>	7,5	<i>6,0</i>	4,3	<i>3,0</i>	46,1	<i>63,3</i>

1. Le premier chiffre dans chaque colonne est le pourcentage de toutes les entreprises calculé par la pondération par le nombre d'entreprises (la probabilité d'inclusion dans l'échantillon est proportionnelle au nombre d'entreprises) et le deuxième chiffre (en italique) montre le pourcentage estimé par la pondération par le nombre d'employés. Source : OCDE. Innovation in Firms – A Microeconomic perspective, OCDE, Paris (Tableaux C3 et C4), 2009

14. Les descriptions dans le document sont plus longues et précises, mais seront encore assujetties à des corrections et précisions additionnelles.

En plus d'introduire des indicateurs simples et composites des activités STI et de leurs résultats, le groupe de travail a introduit une amélioration méthodologique d'une portée pratique importante. Il s'agit de l'introduction des deux pondérations des résultats : 1 – pondération par pourcentage du nombre d'entreprises (la probabilité d'inclusion dans l'échantillon) et 2 – pondération par le nombre d'employés¹⁵. Selon les indicateurs composites des modes d'extrait d'innovation présentés dans le Tableau 2 pour le secteur de la fabrication¹⁶, on peut constater qu'en ce qui concerne le pourcentage du nombre d'entreprises, le Canada et l'Allemagne se trouvent en tête du peloton¹⁷. Fait surprenant, dans la catégorie 1, la proportion des innovateurs qui ont introduit un nouveau produit sur le marché international, le Canada (25,3 %) devance même de 5,0 % l'Allemagne (20,4 %), le plus grand exportateur mondial des produits de fabrication. Toutefois, la pondération par le nombre d'employés présentée entre parenthèses nous montre que presque la moitié (49,0 %) de l'effectif allemand du secteur de la fabrication est employée dans les entreprises qui ont introduit un nouveau produit sur le marché international. En comparaison, au Canada, ce groupe d'innovateurs est moins important, car il emploie à peine un tiers (32,0 %) de l'effectif du secteur¹⁸. De même, la domination du paysage industriel japonais par des petites entreprises donne une fausse impression de l'impact économique réel des innovateurs japonais qui ressort dans les données pondérées par emploi. Ces deux exemples montrent l'importance de ces deux types de pondération pour une interprétation correcte des indicateurs.

Enfin, il faut signaler deux développements attendus impatiemment par des analystes au Canada. Le premier concerne la comptabilisation des dépenses de R-D comme investissement plutôt que dépense courante. Le Bureau d'analyse économique aux États-Unis (BEA) publie depuis 2006 les comptes nationaux avec des dépenses de R-D capitalisées¹⁹. Le deuxième développement concerne la disponibilité des données de panel qui permettraient d'analyser la dynamique d'innovation et de ses impacts. Leur utilité pour l'analyse des décisions politiques est déjà bien documentée en Allemagne et aux Pays-Bas, où les enquêtes d'innovation sont périodiques et conçues en vue de la création des données de panel.

Discussion et conclusions

Les statistiques et les indicateurs de STI largement utilisés concernent presque exclusivement les intrants. Cela est vrai pour les statistiques sur l'éducation, et encore davantage pour les activités de R-D. Les indicateurs sont en fait des portraits partiels du phénomène observé. Comme souvent il n'y a pas de mesures directes et complètes des résultats et des incidences des activités de STI, il faut combiner l'analyse de plusieurs indicateurs pour tenter de reconstituer, au moins en partie, le phénomène étudié.

Depuis l'avènement des enquêtes d'innovation, les agences statistiques disposent des micro-données dont l'analyse permet de mieux comprendre ce processus complexe. Un des problèmes pratiques est que ces données très coûteuses à collecter restent trop peu analysées à cause des contraintes imposées pour respecter leur confidentialité²⁰. Pourtant, il est possible,

15. La pondération probabiliste (par le pourcentage du nombre d'entreprises dans les strates utilisées pour l'échantillonnage) assure que l'enquête représente correctement la population des entreprises de laquelle a été tiré l'échantillon. Cette pondération représente une entreprise typique, plutôt de taille petite ou moyenne, rarement représentative de l'impact économique qui est mieux saisi en pondérant les unités enquêtées par la taille de leur emploi (ou, alternativement, de leur chiffre de ventes ou valeur ajoutée).

16. Les résultats pour le secteur des services n'étaient pas disponibles pour certains pays, dont le Canada.

17. Le Canada devance l'Allemagne de 0,5 % seulement, une marge fort probablement non significative au plan statistique (les écarts types ne sont pas présentés).

18. En fait, une pondération par le chiffre de la valeur ajoutée exprimerait encore mieux l'impact économique de chacune des catégories, mais cette donnée n'est pas disponible pour tous les pays.

19. La capitalisation des dépenses de R-D augmente le niveau du PIB en moyenne de 2,5 %/an sur la période de 1959 à 2002 aux États-Unis. L'impact sur le PIB au Canada a été estimé à environ 1,25 %. Siddiqi and Salem (2006).

20. Il est vrai que l'ISQ et Statistique Canada permettent aux chercheurs dont le projet est approuvé et financé de travailler sous supervision dans leurs locaux avec les données des enquêtes sur l'innovation.

comme l'ont démontré les statisticiens européens, d'effectuer une micro-agrégation des données sur les entreprises qui, tout en cachant les observations individuelles, permet leur analyse statistique et économétrique (Mohnen et autres, 2006).

En combinant les diverses statistiques tirées des enquêtes d'innovation, les experts tentent de mieux saisir la grande diversité des stratégies, des activités et des résultats d'innovation en créant des indicateurs composites.

En l'absence d'un modèle général de la relation entre la science, la technologie et leurs effets socioéconomiques, la prise des décisions de la politique scientifique et technologique n'a pas d'autres outils de mesure que les indicateurs de STI. Étant donné leur caractère partiel et imparfait, leur interprétation et leur analyse doivent être d'autant plus circonspectes que les indicateurs se prêtent à une utilisation simpliste par des groupes de pression qui ignorent souvent une analyse statistique détaillée des indicateurs au profit des interprétations qui appuient leurs causes (Marburger, 2007).

Le cadre conceptuel du fonctionnement de STI a évolué. Aujourd'hui, il est reconnu que, pour bien comprendre ce système complexe, il faut non seulement saisir les intrants et extrants, mais aussi les interactions entre les intervenants et leurs activités aux niveaux national et international. Les enquêtes sur l'innovation identifient les sources d'information utilisées dans le processus d'innovation, le type et nature des collaborations, ainsi que la nationalité des partenaires. L'environnement économique et l'environnement institutionnel dans lequel fonctionnent les activités de STI influencent leur efficacité et leur impact. La mobilité internationale du personnel scientifique et technique et des activités de STI a un effet important sur les ressources, les activités et les impacts de STI, et remet en question une approche nationale à la politique scientifique et technologique dans un monde globalisé. L'apparition de nouvelles technologies d'usage universel comme les technologies d'information et de communication, les biotechnologies et les nanotechnologies, transcende la classification sectorielle et industrielle utilisée par les agences statistiques pour leur collection et publication de données. Les phénomènes qui échappent encore complètement aux regards des statisticiens de STI sont les innovations par les usagers et les diverses formes de la science et de l'innovation ouverte. En informatique, les utilisateurs développent et perfectionnent des logiciels (LINUX, STAT). Dans plusieurs disciplines scientifiques émergent des initiatives de la science à l'accès ouvert dans d'autres champs de science (par exemple *Science Commons* en biologie, génomique, bioinformatique, recherche biomédicale, etc.). L'apparition de ces nouvelles initiatives est en quelque sorte une réaction à l'application de la protection intellectuelle aux découvertes scientifiques perçue comme une menace au progrès scientifique. En même temps, les grandes entreprises cherchent à réduire les risques et les coûts inhérents à l'innovation en pratiquant l'innovation ouverte (Chesbrough, 2003), en délocalisant leurs activités de R-D, en favorisant la création des entreprises dérivées (*spin offs*) et en achetant des petites firmes innovatrices, ou leurs découvertes et inventions.

La prise de conscience de l'importance de ces facteurs et des nouvelles réalités de STI crée naturellement une demande pour plus d'information, et donc pour de nouveaux indicateurs. Les initiatives de développement de nouveaux indicateurs en cours à l'OCDE témoignent de l'attention croissante consacrée par les statisticiens de STI aux indicateurs microéconomiques d'innovation. En même temps, les sujets abordés par le groupe de travail suggèrent qu'il faudra encore attendre avant de trouver des indicateurs et statistiques de nouvelles réalités scientifiques et technologiques en émergence.

Bibliographie

CHESBROUGH, H. *Open Innovation : The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business School Press, Boston, 2003.

GODIN B. ET AUTRES. *Les indicateurs d'impacts de la recherche*, Rapport présenté à la Conférence des recteurs et des principaux des universités du Québec, au ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie et aux trois organismes subventionnaires québécois (Fonds Nature et Technologie, Fonds de la recherche en Santé et Fonds Société et Culture), Observatoire des sciences et technologies OTS, 2002,

GRILICHES, Z. Productivity, R&D, and the Data Constraint, *American Economic Review*, 84, 1-23, 1994.

GRILICHES, Z. Patent Statistics and Economic Indicators, *Journal of Economic Literature*, 28: 1661-707, 1990.

GUELLEC, D. AND VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B., R-D and Productivity Growth: Panel data Analysis of 16 OECD Countries, *OECD Economic Studies*, N° 33, 2001/1, 2001.

FREEMAN, C. Continental, national and sub-national innovation systems—complementarity and economic growth, *Research Policy*, 31, 2002.

HANEL, P. Intellectual Property Rights Business Management Practices: A Survey of Literature, *Technovation*, 26, (2006), 895-931, 2006.

HANEL, P. R-D, Interindustry and International Technology Spillovers and the Total Factor Productivity Growth of Manufacturing Industries in Canada, 1974-1989, *Economic Systems Research*, vol. 12, n° 3, 345-361, 2000.

IORWERTH, A. *Canada's Low Business R&D Intensity: the Role of Industry Composition*. Ottawa: Department of Finance, Working Paper 2005-03, 2005.

INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC, *Compendium d'indicateurs de l'activité scientifique et technologique au Québec, Édition 2008*

LUNDVALL, B-Å. (ed.) *National Innovation Systems : Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter, London, 1992,

MARBURGER, J. The Science of Science and Innovation Policy, Ch2. in OECD, *Science, Technology and Innovation Indicators in a Changing World: Responding to Policy Needs*, Paris, OECD, 2007.

MOHNEN, P., MAIRESSE, J. ET DAGENAIS, M. Innovativity: A Comparaison Across Seven European Countries, *Economic of Innovation and New Technology*, vol. 15 (4/5) June_July, 391-413, 2006.

NELSON, R. R. ET WINTER, S.G. *An evolutionary Theory of economic Change*, Cambridge, MA., Harvard University Press, 1982.

NELSON, R. (ed.). *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*, Oxford University Press, New York/Oxford, 1993.

OECD. *Innovation in Firms—A Microeconomic perspective*, OECD, Paris, 2009.

OECD. *Science, Technology and Innovation Indicators in a Changing World: Responding to Policy Needs*, Paris, OECD, 2007.

OECD. *National systems of innovation: general conceptual framework*, Paris (France), OCDE, DSTI/STP/TIP(94)4, p.3, 1994.

OCDE. *La mesure des activités scientifiques et techniques: méthode proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental—Manuel de Frascati*, Paris, OCDE, 1994.

OECD. *Manual on the Measurement of Human resources Devoted to Science and Technology, Canberra Manual*, Paris, OECD, 1995.

PALDA, K. S. Technological intensity: Concept and Measurement. *Research Policy*, vol.15, no.4, 187-198, 1986.

SIDDIQI, Y. AND SALEM, M. *Treating Research and Development as Capital Expenditure in the Canadian SNA.* "System of National Accounts. Statistics Canada, 2006.

TEECE, D. J. Capturing value from technological innovation: Integration, Strategic Partnering, and Licensing Decisions. *Interfaces*, Vol. 18, N^o. 3, May-June 1988, pp. 46-61, 1988.

WINTER, S.G. On Coase, Competition and Organisation, *Journal of Law, Economics and Organization*, vol.4, n^o.1, (Spring), pp.163-180, 1998.