L'ANALYSE BIBLIOMÉTRIQUE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE : GUIDE MÉTHODOLOGIQUE D'UTILISATION ET D'INTERPRÉTATION

par
Élaine Gauthier
Observatoire des Sciences et des Technologies (CIRST)

88F0006XPB No. 8

Projet de remaniement des sciences et de la technologie
Statistique Canada
Septembre 1998

ST-98-08

PROJET DE SYSTÈME D'INFORMATION POUR LES SCIENCES ET LA TECHNOLOGIE

L'objectif de ce projet est de développer des indicateurs d'activités utiles réunis ensemble dans un cadre conceptuel permettant de dresser un portrait cohérent de la science et de la technologie au Canada.

Pour l'atteinte de cet objectif, des mesures statistiques sont développées pour cinq domaines-clef: les systèmes d'innovation, l'innovation, les activités S-T gouvernementales, l'industrie et les ressources humaines, incluant l'emploi et l'éducation supérieure. Le travail est effectué à Statistique Canada, en collaboration avec Industrie Canada et un réseau de sous-traitants.

Avant l'avènement de ce projet, le programme de mesure des activités en S-T était limité à l'investissement monétaire et en ressources humaines pour la recherche et le développement (R-D). Ces mesures étaient complétées par les activités scientifiques connexes (ASC) des gouvernements tels les enquêtes et les tests routiniers. Ces mesures proposaient une vision limitée et potentiellement erronée de la science et de la technologie au Canada. Cette vision devait être complétée par d'autres mesures.

L'innovation rend les firmes compétitives. D'autres travaux devront être fait pour comprendre les caractéristiques des firmes qui sont, ou ne sont pas, innovatrices, plus particulièrement dans le secteur des services puisqu'il domine l'économie canadienne. La capacité d'innover réside dans les personnes. Des mesures sont développées sur les caractéristiques de ces personnes dans les industries qui sont chef de file des activités scientifiques et technologiques. Dans ces mêmes industries, des mesures sur la création et la perte d'emploi sont entreprises pour comprendre en partie les impacts du changement technologique.

Le gouvernement fédéral est l'acteur principal en science et technologie par son investissement de plus de cinq milliards de dollars chaque année. Antérieurement, il était possible de déterminer combien le gouvernement fédéral dépense et où il le fait. Le rapport, "Activités scientifiques fédérales" (Catalogue 88-204), publié en 1997, montre les objectifs socio-économiques des dépenses en S-T. En plus de fournir les bases d'un débat public sur les priorités de dépenses du Gouvernement, toute cette information servira à mettre en contexte les rapports des différents ministères et agences sur les indicateurs de performance ciblés en fonction des résultats au niveau de chacun des projets.

À la fin du Projet en 1998-99, il y aura suffisamment d'information en place pour décrire le Système canadien d'innovation et montrer le rôle qu'y joue le gouvernement fédéral. De plus, seront en place de nouveaux indicateurs qui fourniront un portrait plus complet et réaliste des activités en science et en technologie au Canada.

PERSONNES-RESSOURCES À CONTACTER POUR DE PLUS AMPLES INFORMATIONS

Projet de remaniement des sciences et de la technologie

Directeur Dr. F.D. Gault (613-951-2198)

Projet de système d'information pour les sciences et la technologie

Chef, Développement des indicateurs
Dr. Frances Anderson (613-951-6307)

Chef, Recherche et analyse
Michael Bordt(613-951-8585)

Chef, Programme d'intégration des données
Daood Hamdani (613-951-3490)

Agent d'élaboration de projets
Antoine Rose (613-951-9919)

Section des sciences et de la technologie

Chef intérimaire, secteur privé
Don O'Grady (613-951-9923)

Chef, secteur publique
Bert Plaus (613-951-6347)

Agent supérieur de projet
Janet Thompson (613-951-2580)

Télécopieur: (613-951-9920)

Documents de travail

Les Documents de travail publient des travaux relatifs aux questions liées à la science et la technologie. Tous les documents sont sujets à un contrôle interne. Les opinions exprimées dans les articles sont celles des auteurs et ne sont pas nécessairement partagées par Statistique Canada.

PRÉFACE

Ce document, **L'analyse bibliométrique de la recherche scientifique et technologique : Guide méthodologique d'utilisation et d'interprétation** par Élaine Gauthier, fournit un survol de l'usage courant des méthodes et des techniques bibliométriques, incluant une bibliographie détaillée. Il fournit aussi les spécifications techniques de la banque de données des auteurs canadiens qui a été créée, avec le soutien de Statistique Canada, par l'*Observatoire des Sciences et des Technologies.* Ce document de travail accompagne deux autres documents de travail. Le premier, **Les flux de connaissances au Canada tels que mesurés par la bibliométrie**, utilise la banque de données pour développer des indicateurs statistiques des flux de connaissances dans les sciences naturelles et l'ingénierie. Le deuxième, **L'utilisation de données bibliométriques pour mesurer la production scientifique dans les sciences sociales et humaines : Note méthodologique,** examine les questions relatives à l'utilisation des données bibliométriques pour l'analyse des sciences sociales, les arts et les humanités. Benoît Godin, Yves Gingras et Louis Davignon, *Observatoire des Sciences et des Technologies,* sont les auteurs de ces deux documents.

L'objectif du Projet de système d'information sur les sciences et la technologie de Statistique Canada est de développer des indicateurs d'activités utiles réunis dans un cadre conceptuel permettant de dresser un portrait cohérent des sciences et de la technologie au Canada. Les indicateurs bibliométriques fournissent un portrait de la production des sciences et de la technologie, mesurés par la production des publications scientifiques, et des flux de connaissances dans le système des sciences et de la technologie, mesurés par les co-signatures dans les publications scientifiques. Les indicateurs bibliométriques peuvent éclaircir les questions sur la production et les flux de connaissances au niveau international, national, provincial, sous-provincial, municipal et institutionnel et constitue donc une composante importante d'un système d'information sur les sciences et la technologie pour le Canada.

Le projet bibliométrique, soutenu par Statistique Canada, a créé une banque de données canadienne de l'information bibliométrique. Les données de 1995, basées sur les indexes sélectionnés (*Science Citation Index, Social Sciences Citation Index,* and *Arts and Humanities Citation Index*) ont été nettoyées pour s'assurer que toutes les addresses institutionnelles ont été standardisées et qu'un code sectoriel (université, gouvernement, entreprise, etc.) a été assigné à chaque institution. Les trois documents de travail font aussi partie du projet. Pour faciliter l'utilisation de l'information bibliométrique pour les fins de formulation des politiques et pour la prise de décisions, une série d'ateliers régionaux sont organisés pour présenter la banque de données et pour discuter des utilisations.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENT **1**

INTRODUCTION **7**

A — LA BIBLIOMÉTRIE APPLIQUÉE AUX POLITIQUES PUBLIQUES : MÉTHODES ET EXEMPLES **11**
1 — Les indicateurs bibliométriques 11
1.1 — Les indicateurs descriptifs 12
1.2 — Les indicateurs relationnels 12
2 — Analyse de la production scientifique 13
3 — L'analyse des flux 15
3.1 — Flux internationaux 16
3.2 — Flux nationaux 18
4 — Évaluation de la recherche 19
4.1 — Les mesures d'impact 20
4.2 — Évaluation de programme 22
4.3 — Évaluation de la recherche académique 23
5 — Suivi bibliométrique de la recherche 25
5.1 — Suivi bibliométrique administratif 25
6 — Représentativité des sources bibliographiques 27

CONCLUSION **31**

BIBLIOGRAPHIE **33**
1. — Ouvrages généraux en bibliométrie *33*
2. — Statistiques Bibliométriques *34*
3. — Indicateurs *36*
3.1 — Indicateurs en général 36
3.2 — Indicateurs de la collaboration scientifique 38
4. — Évaluation *41*
4.1 — Évaluation de la recherche 41
4.2 — Évaluation de programmes 43
4.3 — Évaluation de la performance nationale 44
4.4 — Évaluation des institutions publiques 46
5. — Veille scientifique et technologique *49*
6. — Études bibliométriques sur le Canada *51*
7. — Lectures complémentaires *54*
7.1 — Techniques de classification et cartographie 54
7.2 — Indicateurs de l'innovation technologique 56
7.3 — Analyse des citations et des cocitations 58
7.4 — Analyse des mots associés 59

ANNEXE I – Glossaire A-1

ANNEXE II – Spécifications techniques de la banque des auteurs canadiens A-3
A — Sources documentaires A-3
B — Structure de la banque de données de l'Observatoire des Sciences et des Technologies A-6

ANNEXE III – Classification disciplinaire en sciences A-11

ANNEXE IV – Classification disciplinaire en sciences sociales, en sciences humaines et en arts et lettres A-13

REMERCIEMENTS

Je tiens en particulier à remercier Yves Gingras et Benoît Godin du Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST) pour leurs commentaires des versions préliminaires du présent document. Merci également à Pierre Di Campo, documentaliste, pour son aide précieuse lors de la cueillette des documents et à François Vallières, professionnel de recherche à l'INRS, qui a assuré un lien essentiel en fournissant nombres de renseignements pertinents sur la banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies*.

INTRODUCTION

Grâce à l'aide financière de Statistique Canada, l'*Observatoire des Sciences et des Technologies* a mis au point une banque de données qui permet la construction d'indicateurs bibliométriques. Cette banque de données de *l'Observatoirie des Sciences et des Technologies* a été spécialement conçue pour répondre aux besoins des décideurs publics et des administrateurs de programme.

Ce guide méthodologique est avant tout un complément au document *Les flux de connaissances au Canada tel que mesurés par la bibliométrie*[1]. Il vise à montrer comment les études bibliométriques peuvent enrichir notre compréhension du système canadien d'innovation. Un accent particulier a été mis sur les flux de connaissances au Canada, plus précisément, les échanges entre pays, provinces, et secteurs institutionnels.

Depuis un peu plus de trente ans, les pays occidentaux, via l'OCDE notamment, disposent d'indicateurs qui leur permettent de suivre l'évolution des systèmes scientifiques et technologiques nationaux. C'est en effet en 1963 que l'OCDE publiait pour la première fois le *Manuel de Frascati* proposant une «méthode type pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental[2]». Le Manuel standardise la façon dont les gouvernements collectent l'information sur les investissements en recherche et développement. Le *Manuel de Frascati* a fait l'objet de nombreuses révisions et améliorations depuis 1963.

Le *Manuel de Frascati* repose sur un modèle théorique bien connu dit «entrée-sortie» ou intrant-extrant. Des investissements (intrants) sont réalisés sur diverses activités scientifiques et techniques qui se traduisent – potentiellement – en connaissances et applications (extrants). Jusqu'à récemment, la majeure partie des réflexions, travaux et indicateurs de l'OCDE et des pays occidentaux étaient relatifs aux intrants. Des considérations historiques expliquent cette situation. En effet, les indicateurs d'intrants sont en lien direct avec l'émergence de la politique scientifique et technologique au cours des années 1960 et 1970. L'objectif premier est alors de participer au financement des activités de recherche et développement. Des indicateurs d'intrant permettent ainsi de voir où les sommes sont investies et où il se fait moins de recherche. Les gouvernements disposent donc de mesures qui, espèrent-ils, indiqueraient les lieux d'investissements à privilégier quant au financement public[3].

De par la complexité du phénomène scientifique et technologique, plusieurs des indicateurs du passé sont insuffisants pour mesurer adéquatement la réalité. En même temps, et ce dans les années 1980, les gouvernements sont devenus davantage intéressés par l'innovation et les impacts de la recherche. Tel est d'ailleurs l'impératif sous lequel est placé la récente stratégie fédérale canadienne en science et

---

[1] Godin, Benoît, Yves Gingras et Louis Davignon , *Les flux de connaissance au Canada tel que mesurés par la bibliométrie*, (Document de recherche, Projet de remaniement des sciences et des technologies, Statistique Canada), 1998.

[2] OCDE, *Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental (Manuel de Frascati)*, Paris, OCDE, 1994.

[3] Leclerc, Michel et Gingras, Y., "Les indicateurs du financement privé de la R&D universitaire au Québec: critique de la méthode", *Revue canadienne de l'enseignement supérieur*, Vol. 23, No 1, 1993, pp. 74-107.

technologies[4]. Dans cette optique, l'OCDE a conçu le *Manuel d'Oslo*[5], qui s'intéresse à la partie de la recherche et développement directement concernée par l'innovation, c'est-à-dire la création de nouveaux produits et procédés. L'OCDE s'est aussi donné un nouveau défi en 1992 avec le programme *TEP -Technologie-Economie-Productivité*[6], celui d'opérationaliser le concept de système national d'innovation (SNI). Un système national d'innovation est défini comme un ensemble d'acteurs en interrelations et dont les activités sont orientées vers la mise au point de nouveaux produits, procédés et services[7]. En effet, l'attention des gouvernements se tourne maintenant vers l'analyse de la dynamique des systèmes nationaux d'innovation, c'est-à-dire notamment des flux et des transferts qui existent entre les acteurs.

Les indicateurs spécifiques à cette nouvelle dimension de la science et de la technologie –les flux – sont aujourd'hui à peu près inexistants. Tel est le défi associé à ce nouveau concept: opérationaliser l'idée de système national d'innovation. La bibliométrie constitue un instrument qui peut avantageusement être utilisé à cette fin. Mais avant d'aborder la question de la mesure des flux, rappelons brièvement les principales fonctions de l'analyse bibliométrique de la recherche scientifique et technologique.

Un des buts premier de la scientométrie et de la bibliométrie appliquées aux politiques publiques est de servir d'outil d'information à la prise de décision. C'est cet esprit qui a gouverné la rédaction de ce document. Son objectif est de fournir aux décideurs publics intéressés aux applications de la bibliométrie un guide d'utilisation des outils bibliométriques les plus courants. Les usages de la bibliométrie sont multiples, ils facilitent l'élaboration et l'évaluation de programmes et politiques de la science et de la technologie, la gestion de la recherche privée ou publique, ou la veille technologique et la prise de décisions stratégiques. Il s'agit donc essentiellement d'un guide méthodologique traitant des possibilités de la bibliométrie appliquée à des fins de politiques publiques.

Le présent guide traite des indicateurs et des méthodes bibliométriques dans le cadre d'utilisations précises. Un bref aperçu des indicateurs descriptifs et relationnels est d'abord présenté. Cette typologie s'inspire de celle de l'OCDE dans son document de 1997[8]. Les principaux indicateurs sont ensuite présentés dans le contexte plus large de leur utilisation. La présentation s'articule autour des trois grandes fonctions de la scientométrie et de la bibliométrie: la description, l'évaluation et la veille scientifique et technologique. Dans un souci de clarté, des exemples d'utilisation accompagnent chaque thème.

Enfin, une bibliographie commentée sur les diverses applications de la bibliométrie est présentée. Les documents sélectionnés sont soit des ouvrages de références en scientométrie et bibliométrie, soit des études bibliométriques empiriques. La bibliographie suit le découpage de l'exposé méthodologique, ce

---

[4] Gouvernement du Canada, *La science et les technologies l'aube du XXIe siècle*, Ottawa, 1996.

[5] OCDE et Eurostat, *Principes directeurs proposés par l'OCDE pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique (Manuel d'Oslo)*, Paris, 1997.

[6] OCDE, *La technologie et l'économie: les relations déterminantes*, Paris, OCDE, 1992.

[7] Niosi, J., P. Saviotti, B. Bellon et M. Crow (1993), National systems of innovation: In search of a workable concept, *Technology and Society*, 15: 207-227; Lundvall, B.A. (1992), *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*, Pinter:London; Nelson, R.R. (ed.) (1993), *National innovation systems: A comparative analysis*, New York, Oxford University Press.

[8] Yoshiko Okubo, *Bibliometric indicators and analysis of research Systems: methods and examples*, Paris, Organisation for Economic Co-Operation and Development, (STI Working Papers 1997/1), 1997.

qui procure aux lecteurs des références pratiques sur les usages de la bibliométrie. Un accent particulier a été mis sur l'expression des diverses expériences nationales, incluant plusieurs études canadiennes.

A — LA BIBLIOMÉTRIE APPLIQUÉE AUX POLITIQUES PUBLIQUES : MÉTHODES ET EXEMPLES

La scientométrie se définit comme la mesure de l'activité de recherche scientifique et technique. La bibliométrie est la composante de la scientométrie qui a pour objet principal l'étude quantitative des publications scientifiques à des fins statistiques. Les méthodes bibliométriques remplissent trois fonctions principales, soit la description, l'évaluation et la veille scientifique et technologique[9]. Dans sa partie descriptive, la bibliométrie comptabilise la production des publications à un niveau d'agrégation donné: pays, province, ville, institution; ce qui permet des analyses comparatives de productivité. Ces données peuvent ensuite être utilisées pour évaluer la performance d'unités de recherche, complétant ainsi les procédures habituelles d'évaluation. Les données bibliométriques servent aussi de repères pour la veille scientifique et technologique car l'étude longitudinale de la production scientifique permet de voir les domaines de recherche en développement et ceux qui sont en régression.

Tableau 1 — Grille d'analyse conceptuelle des études bibliométriques

Niveau	année	secteur	discipline
Micro			
Meso			
Macro			

Le tableau 1 présente sous une forme schématique la combinaison des trois niveaux d'analyse qui peuvent être appliqués aux variables contenues dans la banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies*. Le niveau d'analyse micro s'applique aux individus. Par exemple, il est possible de mesurer la production d'un chercheur dans le cadre d'une évaluation. Ce niveau d'analyse est surtout utilisé en combinaison avec d'autres méthodes d'évaluation car l'évaluation bibliométrique n'est pas considérée une mesure valide de la productivité des chercheurs pris individuellement. Les niveaux meso et macro sont de loin les plus utilisés. Au niveau meso, les indicateurs bibliométriques décrivent la production scientifique des institutions et groupes de recherche. Ils peuvent aussi être définis en fonction de programmes de subvention données et donc servir à l'évaluation de programmes. Au niveau macro, les indicateurs bibliométriques visent à mesurer la production nationale par pays, province ou même ville. L'analyse de la production nationale sert à établir des comparaisons entre les systèmes de recherche nationaux et déterminer les liens qui unissent les différentes institutions d'un même système national.

1 — Les indicateurs bibliométriques

Pour prendre des décisions aussi éclairées que possible les décideurs publics doivent avoir une bonne compréhension des activités scientifiques et technologiques. Les indicateurs bibliométriques sont les

[9] Xavier Polanco, *Informétrie et ingénierie de la connaissance*, in J.-M. NOYER (Ed.), *Les sciences de l'information bibliométrie scientométrie infométrie*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 1995.

seuls à pouvoir fournir une vision globale de la production scientifique d'un pays. Dans un document de recherche sur les indicateurs de la science et de la technologie, Godin dresse un portrait de la situation actuelle de la bibliométrie:

Peut-être fut-il un temps en effet où la standardisation des indicateurs bibliométriques limitait leur utilisation, mais tel n'est plus le cas. Ils sont, de plus, relativement peu coûteux à produire. Certes, l'indicateur possède diverses limites, notamment le fait qu'il ne couvre habituellement que les sciences naturelles, le génie, et les sciences biomédicales. Mentionnons également que des biais linguistiques évidents limitent la couverture de la production scientifique mesurée à la littérature anglophone surtout. Enfin, il convient de répéter que la publication constitue une partie seulement de l'activité des chercheurs. Nonobstant ces limites, les indicateurs bibliométriques constituent un des principaux indicateurs des extrants de la recherche, en plus de s'appliquer très bien — contrairement à la croyance — à la recherche menée par d'autres types d'acteurs. Pour cette raison, ils méritent un traitement dans les répertoires scientifiques et technologiques[10].

1.1 — Les indicateurs descriptifs

Les indicateurs bibliométriques se divisent en deux grandes catégories: les indicateurs descriptifs et les indicateurs relationnels qui ont une fonction analytique. Le dénombrement des articles et des citations, le dénombrement des brevets et des citations dans les brevets sont les indicateurs descriptifs les plus courants. Ils mesurent le volume et l'impact de la recherche à divers niveaux d'agrégation. Lorsqu'utilisés sur de longues périodes de temps, ils permettent d'identifier des tendances. La méthode du dénombrement est basée sur le calcul du nombre de publications scientifiques attribuables à un acteur, dans un domaine donné. Il peut s'agir d'un auteur, d'une institution, d'un secteur d'activité regroupant diverses institutions – université, laboratoire public, industrie –, ou encore d'une unité géographique – ville, province, pays. Le niveau d'agrégation du domaine de recherche peut être une discipline ou une sous-discipline scientifique, une technologie ou encore un créneau technologique spécifique[11]. Enfin, il est intéressant de rappeler que les indicateurs descriptifs peuvent être appliqués aux publications et aux brevets, selon que l'analyse porte sur la production scientifique ou la production de technologie.

1.2 — Les indicateurs relationnels

Les cosignatures sont l'indicateur relationnel le plus courant. L'analyse des cosignatures sert à mettre en lumière les liens et les interactions entre les acteurs des systèmes nationaux et internationaux de science et technologie. Ce sont ces interactions que nous désignons par le concept de flux de connaissances. La méthode des mots associés et celle des cocitations sont aussi des indicateurs relationnels[12]. Ils permettent de dresser des portraits de l'activité scientifique fondés sur le contenu des publications. Ces indicateurs permettent de suivre l'évolution de la science et de la technologie et d'identifier les thèmes de recherche émergents et les acteurs qui y contribuent. Les indicateurs de cocitations et de mots

---

[10] B. Godin, *L'état des indicateurs scientifiques et technologiques dans les pays de l'OCDE*, , (Document de travail, Projet de remaniement des sciences et des technologies, Statistique Canada), août 1998, 18.

[11] B. Godin, *L'état des indicateurs scientifiques et technologiques dans les pays de l'OCDE*, , (Document de travail, Projet de remaniement des sciences et des technologies, Statistique Canada), 1996, 17.

[12] La banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies*, dans son état actuel, ne permet pas l'utilisation de ces indicateurs en raison de l'absence de données sur les références et les mots-clés.

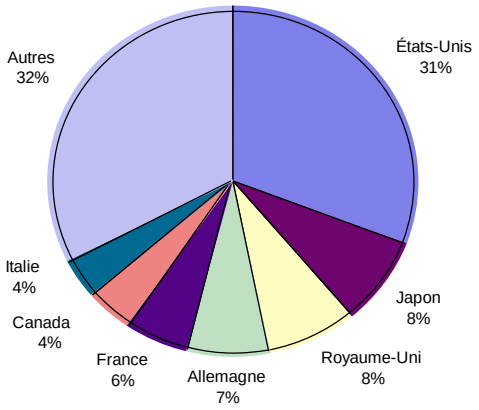
associés sont toutefois rarement utilisés dans un cadre politique, contrairement aux indicateurs descriptifs et à l'analyse des cosignatures qui sont couramment utilisés pour les tâches de description et d'évaluation de la recherche.

2 — Analyse de la production scientifique

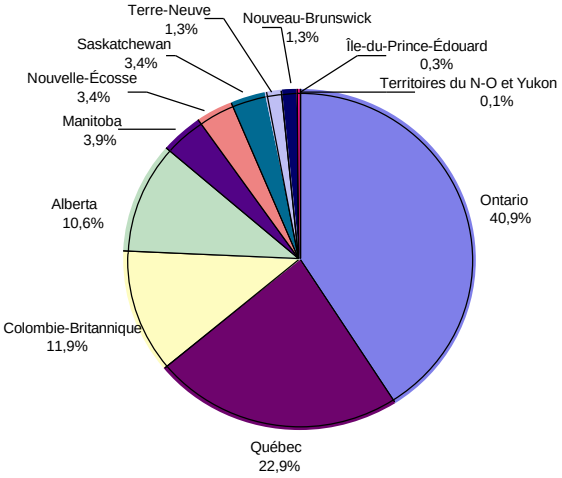
Le dénombrement des publications scientifiques d'un pays est un indicateur qui se prête à une analyse détaillée de la production scientifique. Selon les objectifs de l'étude, l'indicateur sert à mesurer le poids relatif d'un pays, la production des chercheurs, ou encore le dynamisme d'un domaine scientifique ou d'un secteur institutionnel. La production d'un pays donné est alors comparée à celle d'autres pays concurrents ou dans une situation comparable. La comparaison entre pays peut aussi se faire en fonction des disciplines. L’exemple 1 montre trois aspects de la production scientifique canadienne.

Exemple 1 — Trois aspects de la production scientifique canadienne, 1995

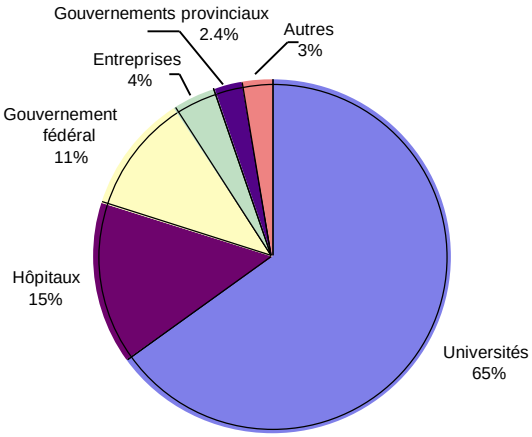
Part des publications canadiennes dans le monde, 1995



Part des publications par province, 1995



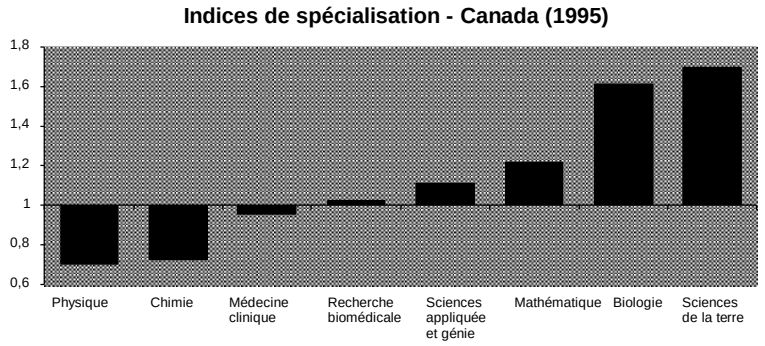
Part des publications par sectors, 1995



Source: Observatoire des Sciences et des Technologies (CIRST), mars 1998.

Toujours dans le but de mesurer un aspect de la production nationale de nombreux pays publient des statistiques sur les publications scientifiques par discipline. Ainsi, un indice de spécialisation a été mis au point afin d'identifier, pour un pays donné, les secteurs sur-représentés ou sous-représentés, par rapport à la moyenne mondiale de chacun des secteurs. Cet indice est le rapport du pourcentage des publications dans une discipline donnée de la production scientifique ou technique, sur le pourcentage des publications dans cette discipline au niveau mondial. Quand le résultat obtenu est supérieur à 1,0 l'indice signifie que le pays en question produit une part plus grande de ses publications dans cette discipline que ne le fait l'ensemble du monde. Le même calcul s'applique à des provinces, des villes ou des secteurs. L'exemple 2 montre les indices de spécialisation du Canada pour les sciences naturelles, le génie et les sciences biomédicales.

Exemple 2 — Indices de spécialisation du Canada, 1995



Source: Observatoire des Sciences et des Technologies (CIRST), mars 1998.

3 — L'analyse des flux

Les indicateurs de flux mettent en évidence les relations entre les chercheurs, institutions et domaines de recherche. Pour cette raison, ils sont parfois désignés sous le terme d'indicateur relationnel. Science et technologie résultent des échanges de connaissance et de la collaboration entre les acteurs de la recherche. De cette prémisse découle le besoin de créer des indicateurs pour identifier ces réseaux d'échange. L'analyse des flux cherche donc à rendre compte des relations existantes entre les divers acteurs d'un système donné. La mesure des flux peut porter sur des relations entre des individus, des institutions, des secteurs d'activités ciblées, comme les relations université-industrie par exemple, les liens entre science et technologie, ou encore dresser un portrait de la collaboration entre des provinces et des pays. L'analyse des flux donne une mesure importante de l'intégration des acteurs de la recherche et de l'étendue du réseau national de collaboration: deux informations qui permettent de mieux saisir l'efficacité de l'intervention publique et ses effets.

Ainsi, la banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies* a été expressément conçue pour connaître les flux dans le système national d'innovation. En désagrégeant l'information

contenue dans les adresses on obtient facilement les informations nécessaires à l'analyse des flux. Flux de connaissance internationaux, flux de connaissance intra et inter provinciaux, flux de connaissance entre secteurs institutionnels, la banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies* offre toutes ces possibilités.

L'indicateur privilégié est la cosignature qui permet de décrire la collaboration et la coopération dans tous les domaines de la recherche. Cette collaboration, ou flux, donne lieu à des publications dans le système formel des revues scientifiques. Ce sont ces publications qui constituent la matière première de la banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies.*

L'analyse des cosignatures se fonde sur la prémisse que lorsque deux ou plusieurs chercheurs signent conjointement un article, on présume qu'il existe entre eux des liens intellectuels et sociaux. Ce sont ces liens que mesurent les cosignatures. Regroupées sur une base institutionnelle ou géographique, les cosignatures permettent de connaître les échanges entre différents pays ou différents éléments d'un système national d'innovation. L'analyse des flux met à profit toute l'information disponible dans les adresses des auteurs. En complétant cette information avec la discipline définie par la revue contenant la publication, on obtient un portrait détaillé des multiples facettes des échanges scientifiques. L'indicateur de cosignature renseigne donc sur les principaux partenaires de la recherche tout en dressant un portrait détaillé du réseau de collaboration formel dans lequel les échanges prennent place.

3.1 — Flux internationaux

Les échanges entre pays sont sans doute le flux de connaissances le plus connu. Pour obtenir un portrait de la collaboration scientifique d'un pays avec l'étranger, il s'agit de compiler, pour une année donnée, toutes les publications où le pays à l'étude est mentionné dans le champ «adresse». On compile ensuite le total des cosignatures avec les autres pays figurant dans le champ «adresse». L'identification des pays se fait à partir des affiliations institutionnelles des auteurs. Si l'indicateur est relativement simple, le dénombrement des parts de chaque pays participant à une publication reste une opération délicate.

Il existe en effet plusieurs façons de compter les publications contenant plus d'un pays dans le champ «adresse». On peut fractionner une publication en autant de part qu'il y a de pays concernés. Par exemple, chaque pays participant à une publication sera compté pour 1/3 si le champ «adresse» compte trois pays différents. Cette méthode est dite du «fractionnement».

Une deuxième méthode consiste à attribuer l'origine d'une publication au pays du premier auteur. Cette méthode, dite du premier auteur, ne tient pas compte de la contribution des autres coauteurs. Elle repose sur l'hypothèse erronée qu'être premier auteur signifie être le plus important. De plus, on ne peut présumer d'un lien certain entre le premier auteur et la première adresse.

Une troisième méthode consiste à attribuer la publication à chacun des pays y ayant collaboré. Ainsi, un article ayant des coauteurs provenant de pays différents comptera pour chacun des pays. Dans ce cas, le nombre total de publication sera supérieur au nombre réel de publications. Cette méthode ne tient pas compte de la contribution relative des auteurs. Elle met plutôt l'accent sur la participation de chacun des pays à la production des connaissances.

Exemple 3 — La coopération scientifique internationale, l'exemple du Canada

Une étude a été mené afin d'établir le profil de la collaboration scientifique internationale du Canada. L'étude a montré que: «(…) le Canada se situe au dernier rang des huit principaux pays de L'OCDE pour le nombre de brevets internationaux, le nombre de scientifiques et d'ingénieurs par rapport à la population active, le nombre d'industries de haute technologie ayant une balance commerciale positive, et enfin pour l'effort de recherche et de développement financé par l'industrie. Entre 1981 et 1986, le Canada s'est situé au septième rang des principaux pays producteurs de publications scientifiques avec 4,3% de toutes les publications recensées par l'Institute for Scientific Information de Philadelphia (ISI). Si, dans ce classement, la contribution des États-Unis (qui représente 33,4% de la production scientifique mondiale en 1990) apparaît comme une anomalie, le Royaume-Uni produit encore 7,4% de l'information scientifique en dépit d'un déclin de son influence au cours de la dernière décennie, et surclasse l'Union soviétique, le Japon, l'Allemagne fédérale ainsi que la France. Le Canada vient juste après, ce qui, au vu de son faible investissement – égal à 10 milliards de dollars selon les prévisions de 1992 – n'apparaît pas si mal. Pourquoi cette contradiction entre ces investissements en personnes et en argent et ces bons résultats apparents? L'examen des signatures des articles canadiens en fournit sinon l'explication, du moins une clé pour comprendre. Avec près de 6% des articles cosignés internationaux, le Canada occupe le cinquième rang en ce qui concerne la coopération internationale, devant le Japon et la CEI, mais derrière la Suède, l'Italie, la France et L'Allemagne. Le Canada investit donc peu, produit beaucoup en proportion et coopère énormément!»

La coopération scientifique internationale du Canada avec ses dix premiers partenaires, par discipline et en %, 1990

	biologie	biomédecine	génie et technologie	médecine clinique	terre et espace	math.	chimie	physique
États-Unis	45,8	50,8	38,6	49,6	39,2	39,9	29,7	32,5
Roy.-Uni	7,8	8,1	5,5	6,7	13	5,8	9	6,7
France	3,1	9,1	5	7	7,7	5,8	9,4	9,7
Allemagne	3,8	5	2,7	2,2	5,3	4,9	7,7	9
Pays-Bas	3,7	3	2,1	4,5	4,5	2,5	4,9	4,5
Japon	2,3	2,7	5,5	3,1	2,5	3,7	4,9	6
Italie	0,8	1,4	1,7	3,1	1,8	3,3	3,3	4
Australie	3,7	1,4	3,6	2	4	2,9	2,3	1,7
Suisse	1,4	1,4	1,9	2,3	0,9	2,5	2,1	4,1
Suède	1,7	1,8	1,7	2,5	1,4	0	1	1,7

Source: Leclerc, M., "La coopération scientifique internationale, l'exemple du Canada", *La recherche*, Vol. 24, No. 252, Mars 1993, 350-357.

Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients[13]. Cependant, la méthode qui accorde une publication à chacun des pays participants est la plus utilisée lorsqu'il s'agit de mesurer une performance

[13] Il existe une abondante littérature sur le décompte des publications et l'Étude de la performance nationale. Voir: Schubert, A., W. Glanzel, And T. Braun, "Scientometrics data-files: A comprehensive set of indicators on 2 649 journals and 96 countries in all major fields and subfields, 1981-1985". *Scientometrics*, Vol. 16, No. 1-6, 1989, p.7; J. Anderson, *et al.*, "On-Line Approaches to Measuring National Scientific Output: A Cautionary Tale", *Science and public policy*, Vol. 15, No. 3, 1988, 53-161; L. Leydesdorff, "Problems with the 'measurement' of national research performance", *Science and public policy*, Vol.15, No. 3, June 1988, 149-152; D. Lindsey, "Production and citation measures in the sociology of science: The problem of multiple authorship", *Social studies of science*, Vol. 10, 1980, pp. 145-162.

nationale. C'est cette méthode qui a été utilisée pour la banque de données de *l'Observatoire des Sciences et des Technologies*. Cependant, pour éviter que la somme des pourcentages des contributions de chaque pays ne dépasse 100 %, les pourcentages sont calculés en utilisant comme dénominateur la somme des publications attribuée à chaque pays.

3.2 — Flux nationaux

Les flux de connaissance prennent aussi place à des échelles plus réduites que celle des pays. En effet, les cosignatures permettent aussi de connaître les liens entre provinces, villes et secteurs institutionnels. De la même manière que l'on étudie la collaboration scientifique internationale, on peut étudier les réseaux de collaboration entre les provinces ou entre acteurs d'une même province. Cet indicateur se construit à partir de l'identification de la province pour chaque adresse canadienne. La compilation du pourcentage des articles d'une province donnée, écrite en collaboration avec des auteurs d'une autre province, permet d'établir, pour une année donnée, les flux intraprovinciaux, ou entre acteurs de provinces différentes, les flux interprovinciaux.

Exemple 4 — La collaboration régionale, le cas de la région de Montréal

Dans une étude bibliométrique de la collaboration scientifique au niveau régional, Godin et Ippersiel ont dressé un portrait des flux de connaissances entre les chercheurs de la région de Montréal et le reste du Québec. L'analyse a porté sur 23 953 articles ayant au moins une adresse dans la province de Québec. Les résultats ont montré que toutes les régions tendent à collaborer davantage avec l'international qu'avec Montréal ou le Québec. La collaboration entres régions est la suivante :

	Articles (A)	Inter régional cosignatures (B)	Montréal cosignatures (C)	C/A
Montréal	16 159	924 (5.6%)		
Montréal périphérique	1 318	436 (32.2%)	292 (67.0%)	22.2%
Corridor	1 934	451 (22.7%)	266 (59.0%)	13.4%
Ville de Québec	3 959	631 (15.5%)	340 (53.9%)	8.46%
périphérie régionale	583	215 (34.7%)	96 (44.7%)	16.47%

Source: B. Godin and M.-P. Ippersiel, "Scientific collaboration at the regional level: The case of a small country", *Scientometrics*, Vol. 36, No. 1, 1996, 63.

La même méthode s'applique à l'évaluation des flux entre secteurs institutionnels. L'indicateur de cosignature entre secteurs se construit à partir de l'identification du secteur pour chacune des institutions figurant dans le champ «adresse»[14]. Il s'agit ensuite de dénombrer, pour un secteur donné, le total des cosignatures avec chacun des autres secteurs[15].

[14] Les secteurs d'activités regroupent différents types d'institutions. Les types d'institutions et la façon de les regrouper sont expliqués en détail dans le glossaire présenté à l'annexe II.

[15] La liste détaillée des secteurs est présentée avec les spécifications techniques à l'annexe I de ce document.

Exemple 5 — Collaboration intra et intersectorielle dans les publications québécoises, 1980-1990

Secteurs	Université	Hôpital	Industrie	Gouvernement
Université	8407	1771	179	612
Hôpital	-	2374	37	72
Industrie	-	-	444	41
Gouvernement	-	-	-	982

Godin a analysé les publications d'auteurs québécois entre 1980 et 1990 afin de tester l'hypothèse suivante: la part des publications provenant des universités décroît; alors que celle des autres secteurs s'accroît. Un secteur d'activité a été attribué à chaque publication sur la base de l'adresse. Les publications d'auteurs étrangers ou provenant du reste du Canada, et celles où il était impossible d'identifier le secteur d'activité ont été assignées à la catégorie «autres». La collaboration intrasectorielle correspond à la cosignature d'une publication par des auteurs de secteurs identiques. À l'opposé, la collaboration intersectorielle correspond aux publications d'auteurs provenant de secteurs différents.

L'auteur conclu que le secteur universitaire est toujours le plus prolifique avec 60% du total des publications en 1990. Cependant, la part des publications des autres secteurs est en progression rapide, au détriment de la part du secteur universitaire. Les universités demeurent toutefois les partenaires les plus fréquents de la collaboration intersectorielle en terme de cosignatures.

Source: B. Godin, "Besides academic publications: Which sectors compete, or are there competitors?", *Scientometrics*, Vol. 33, No. 1, 1995.

4 — Évaluation de la recherche

Évaluation, gestion stratégique et analyse prospective sont devenus des activités courantes dans le cadre d'une politique scientifique et technologique. Dans ce contexte politique, les méthodes bibliométriques ont pour principale fonction d'alimenter la prise de décision. Elles complètent les méthodes d'évaluation qualitative par des données quantitatives.

Même si les indicateurs bibliométriques ont été développés dans l'après-guerre, l'intérêt des décideurs publics pour ces indicateurs est relativement récent. Alors que l'attitude des décideurs publics envers la science évoluait de la science vu comme bien culturel à la science vu comme bien public, puis comme bien économique[16], la nécessité d'en mesurer les résultats s'est fait de plus en plus sentir. C'est alors que l'utilisation des méthodes d'évaluation bibliométrique s'est répandue comme outil d'information auprès des décideurs publics.

Les procédures d'évaluation s'appliquent à chacun des trois niveaux d'analyse déjà identifiés, soit aux acteurs de la recherche au niveau micro, au niveau meso aux programmes de recherche, et finalement au niveau macro aux systèmes de recherche provinciaux et nationaux. Callon *et al.* résument les grandes problématiques de l'évaluation de la recherche en trois catégories[17]. Premièrement les

[16] John de la Mothe, "The political nature of science and indicators", *Science and public policy*, Vol. 19, No. 6, December 1992, 403.

[17] M. Callon, J.-P. Courtial, H. Penan, *La scientométrie.*, Paris, Presses universitaires de France, (Que sais-je? 2727), 1993, 103.

questions qui visent l'évaluation du volume de la production scientifique. Deuxièmement, les questions sur la pertinence de la recherche s'intéressant aux effets sur le développement des connaissances ou sur la société et l'économie. L'évaluation de la pertinence vise à apprécier les choix des thèmes de recherche et des acteurs subventionnés ainsi que leurs effets d'entraînements sur la dynamique de la recherche. Troisièmement, les questions s'adressant à l'efficacité de la gestion de la recherche. Les procédures d'évaluation bibliométrique concernent directement les deux premières catégories de questions. Alors que les indicateurs d'extrants servent à évaluer la production scientifique, des indicateurs tels que les cosignatures et les réseaux de citations, servent à en évaluer la pertinence. L'évaluation de l'efficacité de la gestion de la recherche repose sur une identification précise des thèmes de recherche afin de «déceler d'éventuelles synergies ou de repérer des doubles emplois non voulus[18]». La bibliométrie sert alors à dresser des listes d'acteurs et de thèmes de recherche qui permettront aux administrateurs d'avoir une vue d'ensemble des ressources disponibles et éventuellement, de procéder à la réorganisation des structures organisationnelles en fonction des structures de la recherche.

4.1 — Les mesures d'impact

Un des problèmes posés par l'évaluation bibliométrique se résume à la problématique suivante: comment définir la qualité des extrants et comment la mesurer. En bibliométrie, deux grands concepts ont gouverné la procédure d'évaluation de la recherche scientifique, le concept de qualité et celui d'impact de la recherche.

Au début, les évaluations bibliométriques ont cherché à mesurer la qualité de la recherche à partir des citations. Le dénombrement des citations renseignait, disait-on, sur la qualité de la recherche. Plus un document était cité, meilleur était jugée sa qualité. Assez rapidement l'indicateur de citation a été critiqué. En plus de son caractère partiel, les critiques les plus sérieuses portaient sur sa véritable signification. Ainsi, de nombreux chercheurs se sont interrogés sur les motivations qui amenaient les auteurs à choisir les publications qu'ils citaient. Cette interrogation a permis d'émettre de sérieux doute sur l'utilisation des citations comme indicateur de la qualité. Cependant, l'indicateur de citations n'a jamais été totalement invalidé.

Dans un article sur les techniques bibliométriques dans l'évaluation des programmes de recherche, Francis Narin, président de Computer Horizons Inc., explique les postulats de l'analyse des citations appliquée à l'évaluation de la recherche: 1. les publications, particulièrement les articles scientifiques, sont un indicateur légitime de la productivité de la recherche; 2. les citations à ces articles – le nombre de fois qu'une référence à un article est faite dans un article publié ultérieurement – est un indicateur légitime de la qualité ou de l'impact de l'article cité[19]. Narin soutient que la comparaison des méthodes d'évaluation traditionnelles et des méthodes bibliométriques a montré une convergence des résultats. Il y aurait une corrélation entre le taux de citation des articles et l'évaluation formelle des articles par les pairs; entre les taux de publications ou de citations des chercheurs et les mesures indépendantes de prestige, comme les récompenses scientifiques; enfin il y aurait corrélation entre les publications des départements et les classifications des départements par les pairs[20].

---

[18] *Ibid*, 110.

[19] F. Narin, "Bibliometric techniques in the evaluation of research programs", *Science and Public Policy*, Vol. 14, No. 2, April 1987, pp. 99.

[20] Francis Narin, "Evaluative bibliometrics: The use of publication and citation analysis in the evaluation of scientific activity", Contract NSF C-627, National Science Foundation, March 31, 1976, Monograph: 456, NTIS

De nos jours, la bibliométrie s'intéresse davantage à la mesure de l'impact de la recherche sur la communauté scientifique. Le concept d'impact fait référence à la diffusion des connaissances plutôt qu'à la qualité de la recherche. Aussi, le nombre de citations dont fait l'objet un article est interprété comme une mesure d'influence, ou de visibilité, dans la communauté scientifique. Cette nouvelle interprétation fait généralement consensus[21].

Le facteur d'impact est un indice qui mesure l'impact probable de la recherche publiée dans une revue scientifique. Cet indice se rapporte donc avant tout à une revue. Le *Journal Citation Report*, publié annuellement par ISI, définie le facteur d'impact d'une revue comme le rapport entre les citations et les articles publiés. Le facteur d'impact d'une revue, pour une année donnée, est le résultat du nombre total de citations obtenues pour l'année donnée, par les articles publiés dans la revue au cours des deux années précédentes, divisé par le nombre total d'articles publiés par la revue au cours de ces deux mêmes années[22]. Plus grand est le prestige de la revue, plus le facteur d'impact est élevé; et plus grande est la probabilité d'être citée pour un article publié dans cette revue. Par conséquent, le facteur d'impact est un indicateur de la visibilité globale d'une revue et de son impact sur la communauté scientifique. Lorsqu'appliqué aux articles, le facteur d'impact renseigne sur la fréquence moyenne probable avec laquelle un article, dans une revue scientifique, sera cité au cours d'une période donnée.

L'avantage du facteur d'impact pour l'évaluation est que, contrairement au dénombrement des citations réellement reçues par un article, il est disponible chaque année par l'entremise du *Journal Citation Reports*; alors que l'analyse de citation requiert un délais d'environ quatre ans entre la publication d'un article et le dénombrement des citations. Or, pour être réellement efficace, les procédures d'évaluation doivent être faites dès la fin des programmes. Lorsqu'utilisé à des fins d'évaluation, le facteur d'impact permet de résoudre plusieurs problèmes. Son utilisation évite les longs délais d'attente pour les données, il est moins coûteux que le dénombrement des citations et enfin, les sources d'erreurs sont minimisées. On sait aussi que pour une discipline donnée, il existe une excellente corrélation entre les facteurs d'impact et l'évaluation que les chercheurs font de l'importance relative des revues[23]. Enfin,

parce que le facteur d'impact est spécifique à chaque discipline, voire à chaque spécialité, les études comparatives ne doivent être faite qu'au sein de disciplines et de spécialités.

Accession #PB252339/AS, cited in: F. Narin, "Bibliometric techniques in the evaluation of research programs", *Science and Public Policy*, Vol. 14, No. 2, April 1987, note 3.

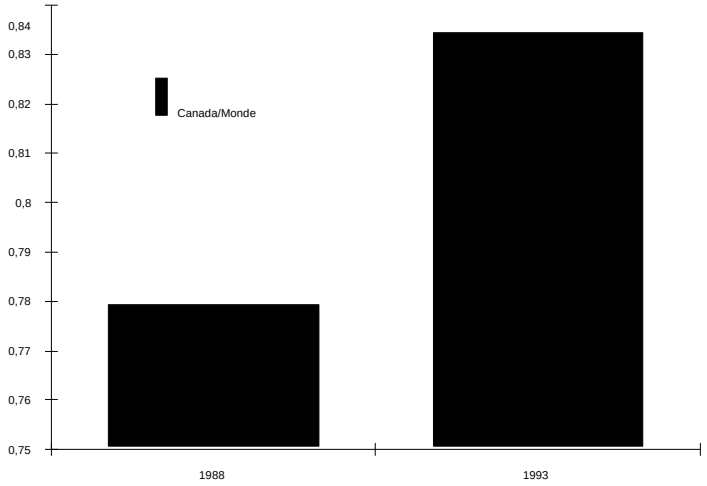
[21] Voir: L. Leydesdorff, "The relation between qualitative theory and scientometrics methods in science and technology studies", *Scientometrics*, Vol. 15, No. 5-6, 1989, pp. 333-347.

[22] Le facteur d'impact a été développé par ISI qui en assure encore aujourd'hui la diffusion par l'entremise de son rapport bibliométrique annuel *Journal Citation Reports*. Il y a plusieurs façons de calculer le facteur d'impact. Cette définition est celle utilisée par ISI. Pour un aperçu des autres façons de calculer le facteur d'impact voir: E. Garfield, "Citation analysis as a tool in journal evaluation, *Science*, 178:471-79, 1972. Pour une discussion sur les facteurs d'impact voir: P.O. Seglen, "How representative is the journal impact factor?", *Research evaluation*, Vol. 2, December 1992, pp. 143-149. Sur le problème de la normalisation voir: Y. Gingras, "Performance indicators: Keeping the black box open", *Proceedings of the second international conference on the impact of R&D*, Ottawa, 1995.

[23] P.R. McAllister, R. Anderson and F. Narin, "Comparison of Peer and Citation Assessment of the Influence of Scientific Journals", *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 31, 1980, pp. 147-152. J.T. Wallimack and K.D. Sedig, "Quality of Research Measured by Citation Method and by Peer Review: A Comparaison", *IEEE Transactions on engineering management*, Vol. 1, Em-33, November 1986.

Exemple 6 — Impact moyen des publications canadiennes

Dans une étude de faisabilité pour le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie Gingras a utilisé les mesures d'impact afin de comparer l'impact moyen des publications canadiennes, pour les champs de l'évolution et de l'écologie, avec l'impact moyen des publications mondiales pour les mêmes champs. La mesure d'impact a été normalisée préalablement. Un impact moyen de valeur 1,0 signifie que la production canadienne est équivalente à la production mondiale. Une valeur inférieure à 1,0 signifie que l'impact moyen de la production canadienne est inférieur, ou moins visible, que celui de la moyenne mondiale.



Source: Yves Gingras, *Bibliometric analysis of funded research: A feasibility study*, Report to the Program Evaluation Committee of NSERC, April 1996.

4.2 — Évaluation de programme

Depuis que les activités scientifiques et technologiques sont perçues comme des biens publics jouant un rôle important dans l'économie nationale, la nécessité de procéder à l'évaluation des programmes de recherche s'est fait beaucoup plus pressante en raison de leur caractère stratégique. Aujourd'hui, la légitimité et la pertinence sont les critères d'évaluations. Or, les méthodes traditionnelles d'évaluation de programme telles l'évaluation par les pairs ou par la clientèle, dans le cas des laboratoires publics par exemple, ne sont pas toujours adaptés aux nouveaux objectifs. Les nouveaux critères d'évaluation nécessitent davantage d'objectivité et de rigueur. De plus, les décideurs publics ont besoin d'une vue d'ensemble, ce que ne peut apporter une analyse coût-bénéfice par exemple. L'institutionnalisation de l'évaluation a donc créé un besoin pour de nouveaux outils d'évaluations ainsi que pour des banques de données qui leurs sont mieux adaptées. Ouvrant ainsi la porte aux méthodes bibliométriques.

Exemple 7 — Évaluation de programme: National Institutes of Health

La procédure d'évaluation des programmes de subventions des instituts américains rattachés au National Institutes of Health (NIH) utilise la méthode d'évaluation bibliométrique depuis 1973. Computer Horizons Incorporated (CHI) a travaillé sous contrat avec la NIH pour développer une banque de données bibliométriques permettant l'évaluation de l'impact de la NIH en terme de publications et de citations. Le rapport d'évaluation intitulé *An Analysis of Research Publications Supported by NIH, 1973-80*, rapporte les observations suivantes :

- la corrélation entre les dépenses de recherche et le volume de publication subséquent;
- la progression dans le volume de publications supportées par la NIH en relation avec la progression du total des publications dans la banque bibliométrique;
- l'augmentation du support financier de la NIH pour la recherche fondamentale comparé à celui pour la recherche clinique;
- les publications supportées par la NIH en relation avec le total des publications ventilé par champ spécifique;
- le pourcentage des publications supporté par la NIH apparaissant dans le décile supérieur* des articles cités dans chaque champ;
- l'interaction entre les chercheurs selon les champs et la source des fonds.
- Les indicateurs d'extrants utilisés dans la procédure d'évaluation sont:
- les publications normalisées selon l'impact des revues;
- les publications normalisées selon la position des auteurs;
- les citations;
- le ratio extrant/intrant;
- le nombre de citations divisé par le nombre de publications;
- la performance du décile supérieur.**

* 10% des articles les plus cités.
** Comparaison du pourcentage d'articles publiés dans un champ donné, par les chercheurs d'une institution donnée, comparé avec le pourcentage d'articles apparaissant dans le décile supérieur en terme de citations.

Source: Henry Small, *An analysis of research Publications supported by NIH, 1973-80*, cited in H. Small and E. Smith Aversa, *An agreement between the Medical Research Council of Canada and The Institute for Scientific Information*, Philadelphia, Institute for Scientific Information, July 1991.

4.3 — Évaluation de la recherche académique

La procédure d'évaluation à l'université a traditionnellement recours au jugement par les pairs. Cependant, les données bibliométriques peuvent avantageusement compléter les méthodes traditionnelles surtout lorsque l'évaluation porte sur des groupes de recherche, des unités administratives comme les départements et facultés, ou encore l'ensemble d'une institution. L'évaluation bibliométrique des individus reste cependant problématique et controversée en raison des limites méthodologiques de la bibliométrie[24]. En effet, les statistiques bibliométriques ne sont fiables que

[24] Selon Garfield, le dénombrement des citations comme indicateur de la performance individuelle est inadéquat. L'évaluation doit tenir compte des pratiques de publications et des conventions de citations, incluant l'auto-citation, qui ont cours dans l'environnement du chercheur, ainsi que de son âge et du prestige des journaux. Eugene Garfield, "How to use citation analysis in faculty evaluations and when is it relevant?", *Essay of an Information*

lorsque les cas sont suffisamment agrégés. Pour cette raison, les outils bibliométriques sont plus robustes lorsqu'appliqués à des unités administratives (niveau meso), plutôt qu'à des individus (niveau micro). Les enjeux de l'évaluation sont donc fonction de l'unité faisant l'objet de l'étude.

Lorsque l'évaluation s'applique à l'ensemble de la production d'une université, il faut nécessairement tenir compte de la finalité et des multiples tâches de l'institution. La recherche ne s'évalue pas de la même façon que l'enseignement, les sciences humaines que les sciences naturelles. Plus une université ou un département est orienté vers l'enseignement et la recherche appliquée, moins son volume de publications risque d'être important. Il faut donc tenir compte de la mission particulière d'une université avant d'établir une comparaison entre les institutions. Les mêmes réserves s'imposent pour les diverses unités administratives à l'intérieur de l'institution et pour les différentes disciplines scientifiques. Afin de s'adapter à la réalité des institutions universitaires multifonctionnelles, la bibliométrie offre des indicateurs convergents qui peuvent ainsi mettre en lumière les multiples facettes de l'activité des unités administratives. L'idée de base de la méthode des indicateurs convergents est de suppléer aux limites des indicateurs bibliométriques, pris individuellement, afin de créer un ensemble d'indicateurs partiels, représentatif de l'ensemble des activités. Si plusieurs indicateurs différents mènent tous à la même conclusion, alors cette conclusion s'en trouve validée.

Exemple 8 — Les indicateurs convergents à l'université

Ben Martin et John Irvine ont créé un modèle d'évaluation de la recherche scientifique basé sur les intrants et les extrants. Le but de la méthode est de mettre en relation les intrants et les extrants afin de permettre des comparaisons entre les unités de recherche. Ce modèle d'évaluation, fondé sur quatre éléments, applique la méthode des indicateurs convergents. Anderson en fournit le résumé suivant :

1. Identifier et évaluer les intrants (chercheurs, ressources financière et technique) et les extrants (contribution à la science, à la technologie et à l'éducation). Établir une relation entre les intrants et les extrants.
2. Utiliser l'approche institutionnelle. L'unité d'analyse est une unité de recherche et non un individu.
3. Utiliser la méthode comparative tout en s'assurant de comparer des unités d'analyses semblables.
4. Combiner des indicateurs reflétants chacun un aspect différent de la performance de recherche. Chaque indicateur étant imparfait et partiel, il reflète une partie de la relative magnitude d'une contribution scientifique ainsi qu'une partie des facteurs sociaux, institutionnel, psychologique et autres impliqués.

Les principaux indicateurs utilisés sont la production d'article, l'analyse des citations et l'évaluation par les pairs, auxquels s'ajoute le nombre de chercheurs et les subventions de recherche.

Source: F. Anderson, *New approaches to research policy using bibliometrics*, Québec, Conseil de la science et de la technologie, février 1987; Ben Martin and John Irvine, "Assessing basic research: Some partial indicators of scientific progress in radio astronomy", *Research Policy*, 12, 1983, 61-90

Scientist, Tome 6, 354-372. Enfin notons que les citations ne sont plus utilisées aujourd'hui comme indicateur de la qualité, mais plutôt comme indicateur de l'impact de la recherche.

5 — Suivi bibliométrique de la recherche

Le suivi bibliométrique permet de dresser un portrait quantitatif de l'état de la recherche, et ce faisant, de la performance nationale. Les décideurs publics ont constamment besoin d'être renseignés sur l'ensemble des activités de recherche au niveau national, ainsi que sur la position relative d'un pays au niveau international, pour une activité de recherche donnée. Les indicateurs descriptifs permettent d'assurer un tel suivi tout en modulant le degré d'agrégation des données. Le suivi bibliométrique se fait habituellement à des niveaux d'agrégation assez élevés: le suivi de la production scientifique nationale par discipline ou par secteur institutionnel, par exemple. Cependant, le suivi bibliométrique peut aussi s'adresser à des tâches de monitoring administratif. Dans ce cas, le suivi bibliométrique s'intéresse plutôt aux activités des universités et centres de recherche.

5.1 — Suivi bibliométrique administratif

Les administrateurs des institutions de recherche font face à des problèmes différents de ceux des décideurs publics. Les administrateurs ont besoin d'une connaissance détaillée des activités des chercheurs dont ils ont la responsabilité administrative. Le suivi bibliométrique permet de connaître et d'évaluer les activités de recherche qui se déroulent à l'intérieur des unités de recherche. La bibliométrie sert à informer les administrateurs sur les directions futures de la recherche, sur la base de la recherche existante dans un domaine donné.

Le positionnement stratégique constitue un des usages importants des indicateurs bibliométriques. On réalise cette tâche en repérant, dans les banques de données, les acteurs présents dans un domaine, les thèmes sur lesquels ils travaillent, et les réseaux dans lesquels ils s'insèrent. À l'aide de cette information, on identifie les créneaux en émergence, ceux en phase de maturité et ceux en déclin, ainsi que les acteurs et les partenaires responsables de la production de recherche. Pour les gestionnaires de la recherche, une analyse des relations entre les chercheurs et des liens entre les thèmes de recherche permet de connaître sa position à l'intérieur du réseau, et de l'évaluer en regard de ce qui se fait dans un domaine donné de la recherche.

Quand on connaît l'importance des réseaux, consortiums et autres formes d'association dans le processus d'innovation par exemple, on comprend mieux l'intérêt pour une entreprise d'être en mesure d'évaluer quels sont les liens les plus productifs dans le réseau, étant donné les derniers développements de la recherche et quels sont les acteurs les mieux placés à l'intérieur de ce réseau[25]. Ainsi, les données bibliométriques peuvent avantageusement être utilisées par les gestionnaires de la recherche afin de procéder au positionnement stratégique d'une unité de recherche, qu'elle soit un département universitaire, un laboratoire public ou même une entreprise.

Ainsi, supposons une entreprise dans un secteur d'activité à haut contenu technologique, comme la recherche biomédicale par exemple. Grâce au suivi bibliométrique de son domaine de spécialisation, cette firme pourrait être renseignée sur différents aspects de la production scientifique, tels les thèmes de recherche développés, ceux en émergences ainsi que les auteurs de cette recherche. De plus, en procédant à une analyse simultanée des publications scientifiques et des brevets, l'entreprise est informée sur les développements scientifiques et technologiques particuliers à son domaine de

---

[25] W.A. Smith, "Evaluating research, technology and development in Canadian industry: Meeting the challenges of industrial innovation", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, 533.

spécialisation. L'information tirée de la veille technologique constitue donc un avantage comparatif pour l'entreprise.

Exemple 9 — État de la recherche sur les nanotechnologies au Canada

En 1996, le Conseil National de recherche du Canada a commandé une étude bibliométrique sur l'état de la recherche mondiale sur les nanotechnologies. Les objectifs étaient de fournir des informations sur le développement de la recherche et des technologies dans le cadre de son programme des nanotechnologies. Deux aspects de la recherche ont été ciblés: une description des axes de recherche majeurs caractérisant la recherche pure et appliquée et une analyse des activités de recherche industrielle en nanotechnologie ainsi que leurs liens avec la recherche pure et appliquée.
Des données bibliométriques ont été recueillies dans trois sources: la banque de données INSPEC qui couvre entre autres la physique et le génie électrique, la banque SCI section chimie, et enfin la banque des brevets américains *US Patent Search Claims & Abstracts*. L'étude a été menée à partir d'une liste de mots clés définissant le champ des nanotechnologies. Cette liste a été fournie par les experts du Conseil national de recherche. Une banque de publications contenant l'un ou l'autre des mots clés, soit dans le titre ou dans le résumé a été construite pour la période 1989 à 1996. Une banque similaire a été construite pour les brevets.
Le rapport présente les informations suivantes :

- des listes de fréquences par mots clés pour les publications scientifiques et les brevets;
- la structure du champ illustrée par des graphiques regroupant les mots clés sur la base de leur co-occurrence;
- des graphiques illustrant les domaines de recherche associés aux institutions de recherche canadiennes;
- la description de l'évolution des publications et des brevets au cours de la période;
- la répartition mondiale des publications et des brevets;
- l'index d'activité pour le groupe des principaux pays ayant publié;
- la liste internationale des institutions les plus actives dans le champs selon la distribution des publications et des brevets;
- la liste des institutions canadiennes ayant publié et leur domaine de spécialisation;
- la liste des institutions canadiennes détentrices de brevets selon leur domaine de spécialisation.

Les gestionnaires de la recherche ont été informés sur l'état de la recherche à travers le monde et plus particulièrement de l'effort de la recherche au Canada.

Source: R. Dalpé, É. Gauthier and M.-P. Ippersiel, *The state of nanotechnology research*, Report presented to the National Research Council of Canada, May 1997.

L'analyse des cocitations et l'analyse des mots associés sont des outils analytiques qui permettent aussi aux administrateurs de la recherche de situer la production scientifique dans une perspective plus large.

La méthode des cocitations établit des liens entre les articles à partir des citations[26]. Un lien est établi entre deux articles lorsqu'ils sont simultanément cités par un troisième article. L'intensité du lien entre les articles cocités est proportionnel au nombre d'articles qui les citent simultanément. Des réseaux d'articles et d'auteurs sont ainsi identifiés. Ces réseaux illustrent le développement cognitif des spécialités et des disciplines. Ils servent à l'identification de nouveaux thèmes de recherche ainsi qu'à repérer les liens entre les disciplines et leur évolution.

L'analyse des mots associés s'applique au contenu des articles et est donc à même de produire une étude plus approfondie des thématiques de recherche que ne le permet l'analyse des citations. La méthode des mots associés[27] établit des liens entre les thèmes de recherche sur la base de la présence simultanée de mots clés à l'intérieur des textes. Son but est de fournir une représentation graphique de la structure de la production scientifique à un moment donné de son développement, sur un espace à deux ou trois dimensions. La représentation graphique consiste en l'élaboration de cartes où l'on peut positionner le contenu de la production scientifique, ainsi que les divers acteurs de la recherche. L'analyse disciplinaire est une application de la méthode des mots associés. Elle permet de situer la production scientifique et technologique des chercheurs dans le cadre plus restreint d'un champ disciplinaire.

L'analyse de mots associés et l'analyse des cocitations peuvent devenir des outils de gestion de la recherche dans la mesure où l'analyse permet de suivre le développement des thèmes de recherche dans une institution ou un programme donnés. Dans le cadre d'une évaluation, elles permettent de mesurer la production scientifique et technologique en fonction des priorités de recherche énoncées dans les politiques et programmes.

6 — Représentativité des sources bibliographiques

La banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies* assure une bonne couverture de l'ensemble des champs de connaissance. Cependant, l'utilisation des banques ISI comme principales sources documentaires pour les études bibliométriques a suscité de nombreux commentaires sur la représentativité des données.

Plusieurs index spécialisés auraient pu être utilisés comme source bibliographique. Mentionnons par exemple: Chemical Abstract, INSPEC, PASCAL pour ne nommer que les plus connus. Le choix des banques de données ISI se justifie par le fait qu'elles sont les seules à contenir la liste de toutes les adresses indiquées dans les publications. C'est cette caractéristique unique qui a motivé le choix des banques ISI pour la construction de la banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies.* L'étude des flux de connaissances entre les acteurs d'un système donné nécessite une connaissance complète des affiliations institutionnelles des auteurs. Cependant, on ne peut faire de lien direct entre les adresses et les auteurs, sur une base individuelle. En effet, l'information n'est pas présentée de façon méthodique. La première adresse ne correspond pas nécessairement à l'adresse du premier auteur. De même, le nombre d'adresses peut être différent du nombre d'auteurs. Les données

---

[26] H. Small And F. Greenlee, "Clustering the *Science Citation Index* using co-citations I. A Comparison of methods", *Scientometrics*, Vol. 7, 1985, 391-409; H. Small And F. Greenlee, "Clustering the *Science Citation Index* using co-citations II A comparison of methods", *Scientometrics*, Vol. 8, 1985, 331-340.

[27] M. Callon, J.P. Courtial, W.A. Turner And S. Bauin, "From translations to problematic networks: An introduction to co-word analysis", *Social Science Information*, Vol. 2, 1983, 191-235; M. Callon, J. Law and A. Rip, *Mapping the dynamics of science and technology*, London, MacMillan, 1986.

de ISI ne font en fait que reproduire les informations indiquées par les auteurs eux-mêmes dans leurs publications. Il faut se rappeler que l'information n'a de valeur que lorsque agrégée et non pas lorsque appliquée à des individus.

Autre avantage, les banques de données ISI sont les seules à contenir la liste complète des références citées par chaque document recensé. Grâce à ces références, on peut mesurer l'impact d'un article en calculant le nombre de citations reçues par celui-ci durant une période donnée. Mais surtout, l'avantage des banques ISI est de fournir la liste complète des adresses fournies par les auteurs, ce que ne livre pas les autres banques courantes tel que PASCAL, FRANCIS, MEDLINE et INSPEC qui ne fournissent que l'adresse de premier auteur.

Les banques ISI offrent aussi d'autres avantages sur le plan de la représentativité. Selon Garfield, une majorité de 2 000 revues – sur les 3 400 répertoriées – représentent environ 85% des articles publiés et 95% des articles cités[28]. Il y a donc un important effet de concentration dans l'ensemble de la littérature scientifique mondiale. Et c'est cette concentration de l'information qui garantit la représentativité de la banque SCI. Toutefois, selon Leclerc, la banque SCI «n'est réellement représentative que de l'activité scientifique 'mainstream', c'est-à-dire des courants scientifiques qui alimentent et déterminent la science occidentale[29]».

Une étude conduite à partir d'un échantillon de 2 500 périodiques recensés en 1972, a démontré que SCI offre une excellente couverture pour les États-Unis et la Grande-Bretagne; une bonne couverture pour la France et l'Allemagne; et une sous représentation des publications en provenance du Japon, de l'Union soviétique ainsi que des autres pays. De plus, la recension en terme de disciplines s'est avérée la meilleure pour la recherche en médecine, en bio-médecine et pour les sciences physiques telles que chimie, physique et mathématique. Par contre, SCI offrait une moins bonne compilation pour les secteurs du génie et des technologies en général, ainsi que pour les sciences de la terre[30]. Dans son document de 1997, l'OCDE maintient les mêmes réserves[31].

Ces considérations soulèvent la question de la représentation des auteurs canadiens dans les banques de données ISI. Une simple comparaison présentée dans le tableau qui suit permet d'y répondre. La couverture de la production scientifique des pays varie légèrement selon que l'on utilise les banques de données ISI (SCI, SSCI, AHCI), ou celles du CNRS (PASCAL, FRANCIS). Dans l'ensemble cependant, le rang des pays est conservé. Le tableau C montre que la banque SCI offre une bonne couverture des publications d'auteurs canadiens et québécois lorsque comparée à la banque française PASCAL qui, par ailleurs, recense davantage de périodiques.

---

[28] Ces statistiques s'appliquent à la banque SCI (CD-ROM, Édition 1994), voir: Eugene Garfield, "The significant scientific literature appears in a small core of journals", *The Scientist*, September 2, 1996. Quelques années auparavant, Garfield avait soutenu la même thèse avec des données très similaires. Voir ce sujet: E. Garfield, "How ISI selects journals for coverage : Quantitative and qualitative considerations", *Current contents*, 22, 1990, 5-13.

[29] M. Leclerc, *Mesurer la science : Dynamiques et mesures de la coopération scientifique internationale du Québec et du monde, 1980-1990*, Québec, Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie, septembre 1995, p. 337.

[30] M. P. Carpenter and F. Narin, "The adequacy of the Science Citation Index (SCI) as an indicator of international scientific activity", *Journal of the American Society of Information Science*, Vol. 32, No. 6, 1981, pp. 430-439.

[31] Y. Okubo, *Bibliometric indicators and analysis of research systems: Methods and examples*, Paris, OCDE, 1997, STI Working Papers 1997/1, 18.

Tableau C : Comparaison de deux banques de données bibliométriques
Part des principaux pays, 1990-1992

	SCI		PASCAL	
	N	(%)	N	(%)
États-Unis	480 626	(36,5)	498 789	(32,5)
Japon	115 555	(8,8)	124 676	(8,1)
RFA	98 664	(7,5)	98 723	(6,4)
France	76 652	(5,8)	112 213	(7,3)
Grande-Bretagne	95 60	(7,3)	114 202	(7,5)
Canada	**64 528**	**(4,9)**	**61 469**	**(4,0)**
Québec	**14 237**	**(1,1)**	**12 592**	**(0,8)**
Autres	386 809	(29,3)	522 622	(34,1)
Total	1 318 440	(100)	1 532 694	(100)

Source: Benoît Godin, *Profil bibliométrique de la recherche financée en sciences naturelles, génie et sciences biomédicales*, Rapport de recherche présenté au Fonds FCAR, janvier 1997.

Par contre, la production scientifique canadienne en sciences sociales et humaines est moins bien représentée dans les banques SSCI et AHCI. Les objets de recherche de ces disciplines sont en quelque sorte des obstacles à une bonne recension internationale. Il existe en effet à travers le monde un certain consensus sur les objets, les méthodes et la qualité de la recherche dans les sciences exactes. Ce consensus internationalise en quelque sorte le développement scientifique des sciences exactes. Par contre, la recherche en sciences humaines et sciences sociales est plus contextuelle. Les objets de recherche dépendent du lieu et de la société dans lesquels ils s'inscrivent. Pour cette raison, il est plus difficile de dresser un portrait représentatif de l'activité scientifique dans ces domaines à partir des banques de données actuellement sur le marché. De ce fait, les banques de données SSCI et AHCI ne peuvent véritablement prétendre offrir une couverture représentative des publications canadiennes. À plus forte raison lorsque les documents sont écris dans une langue autre que l'anglais.

À la fin des années 1980, une étude de Garfield[32] a montré que le nombre de périodiques francophones recensé par SCI diminuait graduellement. En 1985, SCI recensait 46 périodiques canadiens, comparativement à 41 en 1988. De ce nombre, il n'y avait aucun périodique québécois de langue française. Parallèlement, une autre étude de Garfield[33] a montré que la probabilité d'être citée, pour les chercheurs français et québécois qui publiaient en français, étaient de 30% à 50% moindre que pour les chercheurs anglophones. Ces faits tendent à montrer que les chercheurs francophones, particulièrement les québécois, seraient sous-représentés dans la banque SCI. Cependant, cette tendance est contrée par

[32] E. Garfield, "French research; citation analysis indicates trends are more than just a slip of the tongue", *Current Content*, 23, 1988, p. 9. Cité dans : Leclerc, Michel, Y. Okubo, L. Frigoletto and J.-F. Miquel, "Scientific co-operation between Canada and the European Community", *Science and public policy*, Vol. 19, No. 1, February 1992, p. 16.

[33] Cité dans : Leclerc, Michel, Y. Okubo, L. Frigoletto and J.-F. Miquel, "Scientific co-operation Between Canada and the European Community", *Science and Public Policy*, Vol. 19, No. 1, February 1992, p. 16.

le fait que la vaste majorité (95%) des chercheurs francophones, dans les universités québécoises, publient maintenant en langue anglaise[34].

Le type de documents compilés constitue une autre limite importante des banques ISI. Malgré un système de documentation méthodique pour les périodiques[35], ISI ne compile pas les documents qui circulent en dehors des canaux courants de diffusion. Ces documents connus sous le terme de «littérature grise» incluent les thèses, les rapports internes, les notes de recherche, les brevets et les communications n'ayant pas fait l'objet de publication[36]. Ainsi, les monographies ne sont pas recensées alors qu'elles constituent une part importante de la production savante en sciences sociales et humaines. Ainsi, une certaine réserve s'impose lorsque des données bibliométriques provenant des banques ISI sont utilisées à des fins d'évaluation. Plus l'unité d'analyse est petite, plus le choix des données risque d'affecter les résultats de l'évaluation. Il est donc très important pour l'utilisateur d'une banque de publications scientifiques de toujours tenir compte de ces limitations.

En résumé, la représentativité des données bibliométriques dépend des index spécialisés utilisés à la source. Ainsi, les avantages de la banque SCI surpassent les désavantages. En sciences naturelles, génie et sciences biomédicales, les articles de langue anglaise représentent l'essentiel de la production scientifique. Aussi, les revues scientifiques indexées par SCI font l'objet de la majeure partie des citations et sont donc représentative de l'essentiel de la production scientifique. Par contre, SCI affiche des biais importants en ce qui concerne la recension par pays, les publications en langue étrangère – autres que l'anglais – ainsi que la recension des publications en sciences appliquées. Malgré ces lacunes, SCI demeure une source bibliographique valable.

Les banques SSCI et AHCI présentent en revanche un profil plus nuancé. Les disciplines des sciences sociales, des sciences humaines et les arts ont une dynamique différente des disciplines couvertes par SCI. En effet, une part importante de la production scientifique est publiée sous forme de monographie. De plus, étant des disciplines plus contextuelles, les chercheurs publient davantage dans leur langue nationale. Par conséquent, un biais en faveur de l'anglais sous-estime une part importante de la production scientifique de ces disciplines. Pour ces raisons, SSCI et AHCI sont considérées comme peu valable, à moins d'être complétées par d'autres banques de données.

Les banques de données ISI ont certes des limites, toutefois, jamais elles ne permettent d'invalider complètement les résultats d'une étude bibliométrique. L'analyste averti doit néanmoins toujours tenir compte des limitations inhérentes aux données dans son interprétation des résultats.

---

[34] *Compendium 1996 Indicateurs de l'activité scientifique et technologique au Québec*, Bureau de la Statistique du Québec, 1991, p. 43. Voir aussi: Gingras, Y., C. Médaille, *La langue de publication des chercheurs québécois en sciences naturelles, génie et sciences biomédicales (1980-1988)*, Québec, ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science Direction du développement scientifique, 1991.

[35] Voir à ce sujet: E. Garfield, "How ISI selects journals for coverage : Quantitative and qualitative considerations", *Current contents*, 22, 1990, 5-13.

[36] Les brevets et les communications se trouvent dans des banques de données spécialisées. *Index to Scientific & Technical Proceedings* (ISTP) recense des comptes-rendus de conférences dans le domaine des sciences et de la technologie depuis janvier 1991. *US Patent Search Claims & Abstracts* répertorie les brevets américains depuis 1979.

CONCLUSION

Ce document a permit de préciser les grandes lignes de l'analyse bibliométrique de la recherche scientifique et technologique. La grille d'analyse bibliométrique décrit en terme conceptuel quels sont les relations entre les trois niveaux d'agrégation des données: micro, meso, macro et les trois principales variables: années, secteurs et disciplines. Cette conceptualisation permet de moduler les analyses bibliométriques en fonction des besoins et des intérêts exprimés par les utilisateurs. Les principaux indicateurs bibliométriques ont été présentés, en distinguant entre les indicateurs descriptifs – basés sur le dénombrement des publications – et les indicateurs relationnels qui mettent en valeur les liens entre les acteurs – chercheurs, institutions et pays. Le dénombrement des publications et l'utilisation des indicateurs descriptifs constitue la base de la bibliométrie. L'accent a ensuite été mis sur leur cadre d'application.

Les indicateurs descriptifs et l'analyse macro ont été décrits dans le cadre de l'évaluation de la performance nationale. L'indicateur de cosignature et les diverses méthodes de dénombrement des publications a amené à l'analyse des flux internationaux et à celle des flux nationaux de connaissances. Le volet sur l'évaluation de la recherche a introduit la problématique de l'évaluation de la qualité et l'utilisation des mesures d'impact. Les méthodes bibliométriques d'évaluation de programme et d'évaluation de la recherche académique ont ensuite été abordées, notamment la méthode des indicateurs convergents. Enfin, les méthodes de l'analyse des cocitations et des mots associées ont été abordé dans le cadre des méthodes de suivi bibliométrique de la recherche.

La disponibilité et la flexibilité sont les grands avantages de l'utilisation des données bibliométriques. Les applications sont multiples: il suffit de penser qu'une étude bibliométrique fait toujours appel à plusieurs indicateurs et quelque fois à plus d'un type de données en combinant publications et brevets, par exemple. En fait, les applications sont non seulement multiples mais leurs utilisations dans le cadre d'évaluation et de prise de décision sont encore récentes. Au cours des dernières années la bibliométrie a montré qu'elle pouvait fournir des outils valables. Elle en est maintenant à l'étape de l'acceptation comme complément aux méthodes traditionnelles d'évaluation et d'aide à la prise de décision.

L'exposé n'a fait qu'effleurer les nombreuses possibilités de la bibliométrie appliquée à l'étude de la recherche scientifique et technologique. Les lecteurs intéressés à approfondir leur connaissance des méthodes bibliométriques sont invités à consulter la bibliographie commentée qui complète ce document. En plus d'informations détaillées sur les outils bibliométriques, ils y trouveront de nombreux exemples d'applications, dans plusieurs domaines, ainsi que de nombreux exposés d'expériences nationales.

Enfin, mentionnons que la banque de données de *l'Observatoire des Sciences et des Technologies* est maintenant disponible pour toutes analyses touchant la production scientifique canadienne. Une

analyse des statistiques agrégées est aussi disponible auprès de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies*[37].

[37] Godin, Benoît, Yves Gingras et Louis Davignon , *Les flux de connaissance au Canada tel que mesurés par la bibliométrie*, (Document de recherche, Projet de remaniement des sciences et des technologies, Statistique Canada), 1998.

BIBLIOGRAPHIE

1. — OUVRAGES GÉNÉRAUX EN BIBLIOMÉTRIE

Dans cette section sont regroupés des ouvrages qui traitent à la fois de la scientométrie et de la bibliométrie. Ces ouvrages sont en fait des manuels destinés aux lecteurs intéressés d'en connaître davantage sur le sujet. Ils donnent un bon aperçu des méthodes et des indicateurs, ainsi que des problèmes soulevés par le choix et l'opération des bases de données documentaires. Le document de Anderson constitue une bonne entrée en matière par son approche résolument axée sur les applications à des fins de politique de la recherche. Il demeure intéressant en dépit de son âge car très bien documenté. L'ouvrage de Courtial ainsi que celui de Callon, Courtial et Penan fournissent une introduction abordable à la scientométrie. La méthode d'analyse de contenu par les mots associés y est bien présentée. En somme, ce sont des ouvrages bien structurés qui fournissent une mine de renseignements. Cependant, ils ne laissent que peu de place aux développements bibliométriques de chercheurs non français. Aussi, d'autres ouvrages présentant les travaux américains, hollandais et britanniques complètent cette bibliographie. De façon générale, les revues *Scientometrics*, *Research policy*, *Science and public policy* et *Research evaluation* sont les principales sources à consulter dans le domaine de la bibliométrie appliquée.

ANDERSON, Frances, *New approaches to research policy using bibliometrics*, Québec, Conseil de la science et de la technologie, (document interne No. 4), février 1987.

CALLON, Michel, Jean-Pierre COURTIAL et Hervé PENAN, *La scientométrie*, Paris, Presses universitaires de France, (Que sais-je? No. 2727), 1993.

COURTIAL, J.-P., *Introduction à la scientométrie: De la bibliométrie à la veille technologique*, Paris, Anthropos Economica, 1991.

LAWANI, S.M., "Bibliometrics: Theoretical foundation, methods and applications", *Libri*, Vol. 31, 1981, pp. 294-315.

NOYER, J.-M. (Ed.), *Les sciences de l'information: Bibliométrie scientométrie infométrie*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 1995.

Van RAAN, A.F.J., *et al.*, (Eds.), *The handbook of quantitative studies of science and technology*, Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V., 1988.

Van RAAN, A.F.J., *et al.*, (Eds.), *Science and technology in a policy context*, (Select Proceedings of the Joint EC - Leiden Conference on Science and Technology Indicators, Leiden, The Netherlands, 23-25 October 1991), Leiden, DSWO Press, (Science Studies Series, No. 8), 1992.

WEINGART, P. *et al.* (Eds.), *Representations of science and technology*, (Proceedings of the International Conference on Science and Technology Indicators, Bielefeld, Germany, 10-12 June 1990), Leiden, DSWO Press, (Science Studies Series, No. 6), 1992

2. — STATISTIQUES BIBLIOMÉTRIQUES

Cette section regroupe des ouvrages de type répertoire. Chacun de ces documents fournit des statistiques sur un ou plusieurs aspects de la recherche scientifique. Les articles signés par Braun et ses confrères sont particulièrement intéressant. Il s'agit d'un projet à long terme visant à documenter divers aspect de la recherche scientifique à travers le monde. Mentionnons le Compendium de la recherche au Québec qui constitue un outil unique et plus particulièrement l'Étude bibliométrique de Leclerc sur la coopération scientifique internationale du Québec. C'est un bel exemple d'utilisation de la bibliométrie à des fins de veille technologique par un gouvernement provincial au Canada. Dans la même veine, la sélection propose des recueils statistiques nationaux provenant de France (Observatoire des sciences et des techniques), des États-Unis (National Science Foundation) ainsi que de l'Union européenne.

BARRÉ, R. (Ed.), *Science et technologie: Indicateurs 1996 Rapport de l'Observatoire des Sciences et des Techniques*, Paris, Economica, 1996.

BRAUN, T., W. GLÄNZEL, MACZELKA, HAJNALKA and A. SCHUBERT, "World science in the eighties: National performances in publication output and citation impact, 1985-1989 versus 1980-1984: Part II. Life sciences, engineering, and mathematics", *Scientometrics*, Vol. 31, No. 1, 1994, pp. 3-30.

BRAUN, T., W. GLÄNZEL and H. GRUPP, "The scientometric weight of 50 nations in 27 science areas, 1989-1993: Part I. All fields combined, mathematics, engineering, chemistry and physics", *Scientometrics*, Vol. 33, No. 3, 1995, pp. 263-293.

BRAUN, T., W. GLÄNZEL and H. GRUPP, "The scientometric weight of 50 nations in 27 science areas, 1989-199: Part II. Life sciences", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 2, 1995, pp. 207-237.

BRAUN, T., W. GLÄNZEL and A. SCHUBERT, "Scientometric indicators datafiles", *Scientometrics*, Vol. 28, No. 2, 1993, pp. 137-150.

BRAUN, T. and A. SCHUBERT, "Indicators of research output in the sciences from 5 central European countries, 1990-1994", *Scientometrics*, Vol. 36, No. 2, 1996, pp.145-166.

UNION EUROPÉENNE, *Rapport européen sur les indicateurs scientifiques et technologiques*, Bruxelles, CEE, 1994.

UNION EUROPÉENNE, *Recherche et Développement Statistiques 1995*, Luxembourg, Eurostat, 1995.

GLÄNZEL, W., "A bibliometric approach to social sciences: National research performances in 6 selected social science areas, 1990-1992", *Scientometrics*, Vol. 35, No. 3, 1996, pp. 291-307.

LECLERC, Michel, *Mesurer la science: Dynamiques et mesures de la coopération scientifique internationale du Québec et du monde, 1980-1990*, Québec, Direction des politiques scientifiques et technologiques; Direction générale des politiques industrielles, scientifiques et technologiques; ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie, Septembre 1995.

MIQUEL, J.F., T. OJASOO, Y. OKUBO, A. PAUL, and J.C. DORÉ, "World science in 18 disciplinary areas: Comparative evaluation of the publication patterns of 48 countries over the period 1981-1992", *Scientometrics*, Vol. 33, No. 2, 1995, pp. 149-167.

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA SCIENCE (MESS), *Compendium 1996: Indicateurs de l'activité scientifique et technologique au Québec*, Québec, Gouvernement du Québec, 1996.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, *Science and engineering indicators: 1996*, Washington (D.C.), U.S. Government Printing Office, 1996.

SCHUBERT, A. et T. BRAUN, "International collaboration in the sciences 1981-1985", *Scientometrics*, Vol. 19, No. 1-2, 1990, pp. 3-10.

SCHUBERT, A., W. GLÄNZEL and T. BRAUN, "Scientometrics data-files: A comprehensive set of indicators on 2 649 journals and 96 countries in all major fields and subfields, 1981-1985". *Scientometrics*, Vol. 16, No. 1-6, 1989, pp. 3-478.

UNESCO, *World science report 1993*, Paris, UNESCO, 1993.

UNESCO, *Statistics on science and technology*, Paris, UNESCO, October 1991.

3. — INDICATEURS

3.1 — Indicateurs en général

Les documents présentés dans cette section traitent des indicateurs bibliométriques en tant qu'outils d'analyse, plutôt que de décrire leur utilisation dans un contexte précis. Ces textes discutent de la validité, et de l'utilisation de différents indicateurs dans un sens général. Ils constituent donc une source de références pour l'ensemble des indicateurs scientométriques. Le texte de Edge constitue une critique des principaux indicateurs bibliométriques. Il cherche à en montrer les limites et les faiblesses. À l'opposé, les documents édités par l'OCDE fournissent des renseignements essentiels pour une utilisation rigoureuse des indicateurs. Ils établissent les standards statistiques pour tous les pays de l'OCDE. Finalement, certains documents traitant d'expériences nationales ont été inclus afin d'enrichir la présentation des indicateurs en général. Par exemple, le texte de Zitt et Teixeira discute de l'expérience particulière de l'Observatoire des Sciences et des Techniques. Cet institut français se consacre depuis plusieurs années à la veille scientifique et technique pour l'ensemble de la France, ainsi qu'au développement d'indicateurs.

BARRÉ, R., "The European perspective on S&T indicators", *Scientometrics*, Vol. 38, No. 1, 1997, pp. 71-86.

CALLON, M., "Les indicateurs des sciences et des techniques", *Recherche et Technologie*, No. 1, janvier-mars 1986, p. 42.

EDGE, D., "Quantitative measures of communication in science: A critical review", *History of Science*, Vol. 17, 1979, pp. 102-134.

GALANTE, E. and C. SALA, "R&D evaluation at the Italian National Research Council: The agricultural indicators", *Scientometrics*, Vol. 36, No. 2, pp. 223-236.

GILBERT, G.N., "Measuring the growth of science", *Scientometrics*, Vol. 1, No. 1, 1978, pp. 9-34.

GLÄNZEL, W., "The need for standards in bibliometric research and technology", *Scientometrics*, Vol. 35, No. 2, 1996, pp. 167-176.

GRUPP, H., "On the Supplementary functions of science and technology indicators", *Scientometrics*, Vol. 19, No. 5-6, 1990, pp. 447-472.

LECLERC, M., Y. et GINGRAS, "Les indicateurs du financement privé de la R-D universitaire au Québec: critique de la méthode", *The Canadian journal of higher education/La revue canadienne d'enseignement supérieur*, Vol. 23, No. 1, 1993, pp. 74-107.

Van der MEULEN, B.J.R., "The use of S&T indicators in science policy: Dutch experience and theoretical perspectives from policy analysis", *Scientometrics*, Vol. 38, No. 1, 1997, pp. 87-102.

MOED, H.F., W.J.M. BURGER, J.G. FRANKFORT, and A.F.J. van RAAN, "The application of bibliometric indicators: Important field- and time-dependant factors to be considered", *Scientometrics*, Vol. 8, Nos. 3-4, 1985, pp. 177-203.

NARIN, F. and K. HAMILTON, "Bibliometric performance measures", *Scientometrics*, Vol. 36, No. 3, July 1996, pp. 293-310.

NATIONAL BOARD OF EMPLOYMENT, EDUCATION AND TRAINING, *Research Performance Indicators*, (Commissioned Report No. 21), Canberra, Government Publishing Service, 1993.

OECD, "Quantifying technological advance: S&T indicators at the OECD, challenges for the 1990's", *Science and public policy*, Vol. 19, No. 5, October 1992, pp. 281-290.

OCDE, *Manual on the measurement of human resources devoted to science and technology (Canberra Manual)*, Paris, OCDE, 1995.

OCDE, *La mesure des activités scientifiques et technique: méthodes proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental (Manuel de Frascati)*, Paris, OCDE, 1994.

OCDE, *La mesure des activités scientifiques et techniques statistiques de R-D et mesure des résultats dans l'enseignement supérieur*, Paris, OCDE, 1989.

OCDE, *Principes directeurs proposés par l'OCDE pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique (Manuel d'Oslo)*, Paris, OCDE, 1992.

OCDE, Le programme Technologie-Économie-Productivité (TEP), Paris, OCDE, 1992.

Van RAAN, A.F.J., N.J. NEDERHOF, N.F. MOED (Eds), *Science and technology indicators: Their use in science policy and their role in science studies*, (Select Proceedings of the First International Workshop on Science and Technology Indicators, Leiden, The Netherlands, 14-16 November 1988), Leiden, DSWO Press, (Science Studies Series, No. 3), 1989.

Van RAAN, A.F.J. and R.J.W., TIJSSEN, *An overview of quantitative science and technology indicators based on bibliometric methods*, TEP Conference, Paris, OCDE, July 1990.

STEAD, H., "Collection of S&T statistics", *Science and public policy*, Vol. 19, No. 5,1992, pp. 275-280.

ZITT, M. and N. TEIXEIRA, "Science macro-indicators: Some aspects of OST experience", *Scientometrics*, Vol. 35, No. 2, 1996, pp. 209-222.

3.2 — Indicateurs de la collaboration scientifique

Les documents présentés ici ont pour thème central l'Étude empirique de la collaboration scientifique. Il s'agit soit de collaboration internationale, soit de réseaux entre chercheurs et institutions. Tous ont en commun cependant l'utilisation de l'indicateur de co-signature. Ils offrent donc un aperçu de l'éventail des possibilités offertes. Dans l'ensemble, la collaboration internationale est un thème majeur. Notons cependant les textes de Melin ainsi que Peters et van Raan qui portent sur les liens entre les institutions universitaires et l'originalité du texte de Qiu qui utilise l'indicateur de co-signature pour étudier les liens entre les disciplines. Subramanian offre une compréhension plus large grâce à une revue des multiples interprétations du concept de collaboration scientifique du point de vue de la sociologie des sciences, tandis que Katz et Martin réfléchissent au concept de collaboration scientifique et à son implication dans le cadre d'une politique scientifique (Hicks & Katz). Le texte de Beaver et Rosen retrace l'histoire du phénomène. Ils soutiennent que le développement de la collaboration scientifique est lié à l'institutionnalisation de la recherche scientifique. Toutes les Études bibliométriques confirment la persistence et l'Étendue du phénomène jusqu'à aujourd'hui. Aussi, le texte de Hicks & Katz offre-

t-il une perspective intéressante sur la nécessité d'intégrer la collaboration scientifique dans le cadre d'une politique de la recherche.

BEAVER, D. de B. et R. ROSEN, "Studies in scientific collaboration: Part 1. The professional origins of scientific co-authorship", *Scientometrics*, Vol. 1, No. 1, 1978, pp. 65-84.

BRAUN, T., I. GOMEZ, A. MENDEZ and A. SCHUBERT, "International co-authorship patterns in physics and its subfields, 1981-85", *Scientometrics*, Vol. 24, 1992, pp. 181-200.

CARPENTER, Mark P. and Francis NARIN, "The adequacy of the Science Citation Index (SCI) as an indicator of international scientific activity", *Journal of the American society of information science*, Vol. 32, No. 6, 1981, pp. 430-439.

DALPÉ, R., "International activities of public laboratories in Canada", *Technology in society*, Vol. 19, No. 2, 1997, pp. 127-143.

FRAME, J.D. and M.P. CARPENTER, "International research collaboration", *Social studies of science*, 9, 1979, pp. 481-497.

HARSANYI, Martha A., "Multiple authors, multiple problems-bibliometrics and the study of scholarly collaboration: A literature review", *LISR*, 15, 1993, pp. 325-354.

HERBERTZ, H., "Does it pay to cooperate? A bibliometric case study in molecular biology", *Scientometrics*, Vol. 33, No. 1, 1995, pp. 117-122.

HICKS D. and J. Sylvan KATZ, "Science policy for a highly collaborative science system", *Science and public policy*, Vol. 23, No. 1, February 1996, pp. 39-44.

KATZ, J.S., *Bibliometric assessment of intranational university-university collaboration*, D. Phil. thesis, Science Policy Research Unit, University of Sussex, 1993.

KATZ, J.S. and B.R. MARTIN, "What is research collaboration?", *Research policy*, Vol. 26, 1997, pp. 1-18.

LECLERC, M. and P. DUFOUR, "International science and technology collaboration", in J. de la Mothe and P. Dufour (Eds.), *Science and technology in Canada*, Harlow Essex, Longman Publishing, 1993, pp. 125-161.

LECLERC, M. and J. GAGNÉ, "International scientific cooperation: The continentalization of science", *Scientometrics*, Vol. 31, No. 3, 1994, pp. 261-292.

LUUKKONEN, T., R.J.W. TIJSSEN, O. PERSSON and G. SIVERTSEN, "The measurement of international scientific collaboration", *Scientometrics*, Vol. 28, No. 1, 1993, pp. 15-36.

LUUKKONEN, T., O. PERSSON and G. SIVERTSEN, "Understanding patterns of international scientific collaboration", *Science, technology & human values*, Vol. 17, No. 1, 1992, pp. 101-126.

MELIN, G. "The networking university: A study of a Swedish university using institutional co-authorships as an indicator", *Scientometrics*, Vol. 35, No. 1, 1996, pp. 3-13.

MELIN, G. and PERSSON, O., "Studying research collaboration using co-authorships", *Scientometrics*, Vol. 36, No. 3. July 1996, pp. 363-378.

MIQUEL, J.F. and Y. OKUBO, "Structure of international collaboration in science: Part 2 Comparisons of profiles in countries using a link indicator", *Scientometrics*, 29, No. 2, 1994, pp. 271-297.

MOED, H.F., R.E. de BRUIN and A. STRAATHOF, "Measurement of national scientific cooperation in CEC-related areas of science during 1985-90", Report EUR14581, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 1992.

OKUBO, Y., J.F. MIQUEL, I. FROGOLETTO and J.C. DORÉ, "Structure of international collaboration in science: Typology of countries through multivariate techniques using a link indicator", *Scientometrics*, 25, No. 2, 1992, pp. 321-351.

PETERS, H.P.F. and A.F.J. VAN RAAN, "Structuring scientific activities by co-author analysis: An exercise on a university faculty level", *Scientometrics*, Vol. 20, No. 1, 1991, pp. 235-255.

QIU, Liwen, "A study of interdisciplinary research collaboration", *Research evaluation*, Vol. 2, No. 3, December 1992, pp. 169-175.

SUBRAMANYAM, K., "Bibliometric studies of research collaboration: A review", *Journal of information science*, Vol. 6, 1983, pp. 33-38.

4. — ÉVALUATION

4.1 — Évaluation de la recherche

Les documents rassemblés sous ce thème témoignent de diverses expériences d'évaluation de la recherche en terme de performance. Il y a d'abord les expériences nationales avec les textes de Barbarie pour le Canada et Cozzens pour les États-Unis. Citons à ce propos Kostoff qui s'intéresse particulièrement à l'évaluation de la recherche publique dans un cadre fédéral. Le texte de Helander rend compte de l'expérience originale des pays nordiques. Les expériences d'évaluation portent aussi sur des champs de recherche. Ainsi le texte de Frame sur la recherche fondamentale et celui de Finkenstaedt sur la recherche dans le champ des humanités. Ce dernier est d'autant plus intéressant que les études bibliométriques sur les sciences humaines et sociales sont rares. Signalons le document de Gibbons et Georghiou qui offre un aperçu des méthodes d'Évaluation, dont les méthodes bibliométriques. À ce sujet, le texte de Moed offre une comparaison entre les méthodes d'évaluation bibliométriques et l'évaluation traditionnelle par les pairs. Les deux méthodes sont souvent opposées l'une à l'autre alors qu'elles devraient plutôt être vues comme complémentaire. Enfin, mentionnons le texte de Vinkler qui aborde le sujet délicat de l'évaluation de la performance individuelle.

BARBARIE, A., "Evaluating federal R&D in Canada", in Barry Bozeman and Julia Melkers (Eds.), *Evaluating R&D impacts: Methods and practice*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 1993.

COZZENS, S., "U.S. Research assessment: Recent developments", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 351-362.

FINKENSTAEDT, T., "Measuring research performance in the humanities", *Scientometrics*, Vol. 19, No. 5-6, 1990, pp. 409-417.

FRAME, J.D., "Quantitative indicators for evaluation of basic research programs/projects", *IEEE Transactions on engineering management*, Vol. 30, No. 3, 1983, pp. 106-112.

GIBBONS, M., et L. GEORGHIOU, *Évaluation de la recherche: un choix de pratiques en vigueur*, Paris, OCDE, 1987.

GEORGHIOU, Luke, *Evaluation of research: Synthesis report*, Ad hoc Group on Scientific and University Research, Directorate for Science, Technology and Industry, Paris, OECD, January 1986.

HELANDER, E., "Evaluation activities in the Nordic countries", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, 391-400.

KOSTOFF, R.N., "Federal research impact assessment: Axioms, approaches, applications", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 2, 1995, pp. 163-206.

KOSTOFF, R.N., "Performance measures for government-sponsored research: Overview and Background", *Scientometrics*, Vol. 36, No. 3, 1996, 281-292.

LINK, A.N., "Economic performance measures for evaluating government-sponsored research", *Scientometrics*, Vol. 36, No. 3, 1996, 325.

LUUKKONEN, T., "Bibliometrics and evaluation of research performance", *Annals of medecine*, Vol. 22, No.3, 1990.

MARTIN, B.R. "The use of multiple indicators in the assessment of basic research", *Scientometrics*, Vol. 36, No. 3, July 1996, pp. 343-362.

MARTIN, B.R. and J. IRVINE, "Assessing basic research: Some partial indicators of scientific progress in radio astronomy", *Research policy*, Vol. 12, No. 2, 1983, pp. 61-90.

MOED, H.F., *et al.*, "A comparative study of bibliometric past performance analysis and peer judgement", *Scientometrics*, Vol. 8, No. 3-4, 1985, pp. 149-159.

MOED, H.F., W.J.M. BURGER, J.G. FRANKFORT and A.F.G. van RAAN, *On the measurement of research performance: The use of bibliometric indicators*, Leiden, Leiden University Research Policy Unit, 1983.

NARIN, F., "Subjective vs bibliometric assessment of biomedical research publications", *NIH program evaluation report*, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health, April 1983.

VINKLER, P., "Some aspects of the evaluation of scientific performances and related performances of individuals", *Scientometrics*, Vol. 32, No. 2, 1995, pp. 109-116.

4.2 — Évaluation de programmes

Toujours sous le thème de l'évaluation de la recherche, les textes suivant abordent la problématique de l'évaluation de programmes. Encore une fois, une attention spéciale a été portée à l'expression de diverses expériences nationales. La sélection comprend des textes sur la Communauté européenne, le Japon, le Royaume-Uni et l'Allemagne. Certains textes choisis, Leydesdorff, Moed, Mullins et Narin, et en particulier van Raan, portent sur la méthodologie de l'évaluation bibliométrique de programmes. Enfin, le numéro spécial de *Research Evaluation* sur les pratiques d'évaluation en Europe offre quelques pistes de réflexion sur des expériences nationales.

BOBE, B., "Trends in the use of research-and-development output indicators in EC program evaluation", *Scientometrics*, Vol. 21, No. 3, 1991, pp. 263-282.

CLARKE, Thomas E., *The evaluation of R&D programs and personnel: A literature review*, 1986, Stragate Consultants.

CUNION, K.M., "U.K. Government departments experience of RT&D programme evaluation and methodology", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 375-389.

CUNNINGHAM, P., "The evaluation of European programmes and the future of scientometrics", *Scientometrics*, Vol. 38, No. 1, 1997, pp. 71-86.

DALPÉ, R. et F. ANDERSON, *L'Évaluation des politiques scientifiques et technologiques*, Montréal, Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), Notes de recherche 92-04, 1992.

GEORGHIOU, L., A. DALE and H. CAMERON (Eds.), Special issue on national systems for evaluation of R&D in the European Union", *Research evaluation*, Vol. 5, No. 1, April 1995, pp. 1-108.

GONDA, K. and F. KAKIZAKI, "Research, technology and development evaluation: Developments in Japan", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 375-389.

HILLS, P., "PREST's experience of evaluation (University of Manchester, Programme of Policy Research in Engineering, Science and Technology)", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 401-414.

IRVINE, John and Ben. R. MARTIN, "Evaluating big science: CERN's past performance and future prospects", *Scientometrics*, 7, 1985, pp. 281-308.

KYRIAKOU, D., "Macroeconomic aspects of S/T programme evaluation", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 451-459.

KUHLMANN, S., "German government departments experience of RT&D programme evaluation and methodology", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 461-471.

LARADO, P., "Structural effects of EC RT&D programmes", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 473-487.

LEYDESDORFF, L. and P. van der SCHAAR, "The use of scientometric methods for evaluating national research programs", *Science and technology studies*, Vol. 5, No. 1, 1987, pp. 22-31.

MOED, H.F., *The use of bibliometric indicators for the assessment of research performance in the natural and life sciences*, Leiden, DSWO Press, (Science Studies Series, No. 2), 1989.

MULLINS, N. C., "Evaluating research programs: Measurement and data sources", *Science and public policy*, Vol. 14, No. 2, April 1987, pp. 91-98.

NARIN, F., "Bibliometric techniques in the evaluation of research programs", *Science and public policy*, Vol. 14, No. 2, April 1987, pp. 99-106.

NEDERHOF, A.J., "A bibliometric assessment of research council grants in linguistics", *Research evaluation*, Vol. 6, No. 1, April 1996.

Van RAAN, A.F.J., "Advanced bibliometric methods to assess research performance and scientific development: Basic principles and recent practical applications", *Research evaluation*, Vol. 3, No. 3, December 1993.

WALSCHE, G., "Research and development trends: Criteria for assessment", *Science and public policy*, Vol. 19, No. 2, 1992, pp. 75-88.

4.3 — Évaluation de la performance nationale

Les textes qui suivent portent sur l'utilisation des outils bibliométriques à des fins d’évaluation de la performance nationale. Certains discutent de la méthode alors que d'autres, Callon et Leydesdorff par exemple, présentent une illustration d’évaluation bibliométrique. Les textes de Leydesdorff et Gauthier, ainsi que Sylvain, portent sur l’évaluation d'un champ précis de l’activité

scientifique: la recherche sur les matériaux et la biotechnologie pour les premiers; l'aquaculture pour le dernier. Notons que Leydesdorff et Gauthier ont procédé à une étude comparative de programmes de recherche stratégique au Canada et aux Pays-Bas. Enfin, le texte de Glonzel présente une évaluation bibliométrique de la recherche en sciences sociales. Peu de travaux bibliométriques ont abordé ce domaine de la recherche scientifique.

BRAUN, T., W. GLÄNZEL and A. SCHUBERT, "An alternative quantitative approach to the assessment of national performance in basic research", in D. EVERED and S. HARNETT (eds.), *The evaluation of scientific research*, Chichester (UK), John Wiley & Sons, 1989.

CALLON, M. and L. LEYDESDORFF, "La recherche française est-elle en bonne santé?", *La recherche*, Vol. 18, No. 186, 1987, pp. 412-419.

GLÄNZEL, W., "A bibliometric approach to social sciences: National research performances in 6 selected social science areas 1990-1992", *Scientometrics*, Vol. 35, No. 3, March 1996, pp. 291-307.

KYVIK, S. and I. MARHEIM LARSEN, "International contact and research performance", *Scientometrics*, Vol. 29, No. 1, 1994, pp. 137-159.

LEYDESDORFF, L., "The science citation index and the measurement of national performance in terms of numbers of scientific publications, *Scientometrics*, Vol. 17, Nos 1-2, 1989, pp. 111-120.

LEYDESDORFF, L., "Problems with the 'measurement' of national research performance", *Science and public policy*, Vol.15, No. 3, June 1988, pp. 149-152.

LEYDESDORFF, L. and É. GAUTHIER, "The evaluation of national performance in selected priority areas using scientometric method", *Research policy*, Vol. 25, 1996, pp. 431-450.

MOED, H.F., R.E. de BRUIN and TH.N. van LEEWEN, "New bibliometric tools for the assessment of national research performance. Database description, overview of indicators and first applications", *Scientometrics*, Vol. 33, No. 3, 1995, pp. 367-380.

NOYONS E.C.M. and A.F.J. van RAAN, "Actor analysis in neural network research: The position of Germany", *Research evaluation*, Vol. 6, No. 2, August 1996.

ROYAL SOCIETY, *Evaluation of national performance in basic research*, Study by the Royal Society research service for the Advisory Board for the Research Councils, London, The Royal Society, 1986.

O'HERLIHY, J., "RT&D, "Regional development and evaluation", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 513-518.

SYLVAIN, C., "Canadian research activity in aquaculture: A bibliometric analysis", *Scientometrics*, Vol. 27, No. 3, 1993, pp. 295-316.

TIJSSEN, R.J.W., T.N. van LEEUWEN and J.C. KOREVAAR, "Scientific publication activity of industry in the Netherlands", *Research evaluation*, Vol. 6, No. 2, August 1996.

4.4 — Évaluation des institutions publiques

L'évaluation des institutions publiques recouvre plusieurs problématiques. Les institutions appelées à être évaluées peuvent être soit des laboratoires publics, soit des universités, soit des groupes de recherche. Pour chacune de ces unités les enjeux de l'évaluation sont différents. Le mandat des laboratoires publics peut être axé sur la recherche fondamentale ou la recherche appliquée par exemple. De même, l'évaluation en milieu académique peut porter sur l'ensemble de l'institution, une faculté, un département ou encore un groupe de recherche. L'évaluation bibliométrique doit tenir compte des particularités de l'institution évaluée. Les textes choisis couvrent un vaste choix d'institutions et d'expériences nationales: les laboratoires publics au Canada bien sûr, mais aussi en Allemagne, des universités en Grande-Bretagne, en Australie, en Grèce, au Chili et en Hollande. Ils présentent des cas très précis: le Max Planck Institute en Allemagne, les universités techniques en Grande-Bretagne ou encore le Joint Research Centre de la Commission européenne. Le lecteur intéressé à la problématique de l'évaluation de la recherche académique est invité à lire les textes de Martin et Skea et de Nederhof et Noyons. L'un offre un avis critique des possibilités offertes par la bibliométrie, l'autre une comparaison des méthodes. Soulignons l'originalité de l'étude de Nederhof et Noyons qui propose une méthode de comparaison des départements universitaires au niveau international.

ANDERSON, F. and R. DALPÉ, "S&T indicators for strategic planning and assessment of public research institutions", *Knowledge and policy: The international journal of knowledge transfer and utilization*, Vol. 9, No.1, Spring 1996, pp. 49-69.

ANDERSON, F. and R. DALPÉ, "The evaluation of public applied research laboratories", *Canadian journal of program evaluation*, Vol. 6, No. 2, 1991, pp. 107-125.

BECK, M.T. and V. GÁSPÁR, "Scientometric evaluation of the scientific performance at the faculty of natural sciences, Kossuth Lajos University, Debrecen, Hungary", *Scientometrics*, Vol. 20, No. 1, 1991, pp. 37-54.

COLMAN, A.M., D. DHILLON and B. COULTHARD, "A bibliometric evaluation of the research performance of British university politics departments: Publications in leading journals", *Scientometrics*, Vol. 32, No. 1, 1995, pp. 37-48.

COLLINS, P., "*Quantitative assessment of departmental research: A survey of academics views*, London, SEPSU, (Policy Studies, No. 5), 1991.

DALPÉ, R. and É. GAUTHIER, "Evaluation of the industrial relevance of public research institutions", *Research evaluation*, Vol. 3, No. 1, pp. 43-54.

DAVIS, G. and P. ROYLE, "A comparaison of Australian university output using journal impact factors", *Scientometrics*, Vol. 35, No. 1, 1996, pp. 45-58.

HERBSTEIN, F.H., "Measuring 'publications output' and 'publications impact' of faculty members of a university chemistry department", *Scientometrics*, Vol. 28, No. 3, 1993, pp. 349-373.

IRVINE, J., "Evaluation of scientific institutions: Lessons from a bibliometric study of UK technical universities", in D. Evered and S. Harnett (Eds.), *The evaluation of scientific research*, Chichester (UK), John Wiley and Sons, 1989.

KRAUSKOPF, M., M. INÉS VERA and R. ALBERTINI, "Assessment of a university's scientific capabilities and profile: The case of the faculty of biological sciences of the Pontificia universidad Catolica de Chile", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 1, 1995, pp. 87-100.

KRULL, W., "The Max Planck experience of evaluation", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 441-450.

MARTIN, B.R. and J.E.F. SKEA, *Academic research performance indicator: An Assessment of the possibilities*, Report to the advisory board for the Research Councils and the Economic and Social Research Council, SPRU, University of Sussex, 1992.

MOED, H.F., *et al.*, "The use of bibliometric data for the measurement of university research performance", *Research policy*, 14, 1985, pp. 131-149.

MOED, H.F. and A.F.J. van Raan, "Indicators of research performance: Applications in university research policy", in A.F.J. van Raan, *et al.*, (Eds.), *The handbook of quantitative studies of science and technology*, Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V., 1988, pp. 177-192.

NARIN, F., *Measuring the research productivity of higher education institutions using bibliometrics techniques*, OECD, DSTI/SPR/85, June 1985.

NEDERHOF, A.J., "The validity and reliability of evaluation of scholarly performance", in A.F.J. van Raan, *et al.*, (Eds.), *The handbook of quantitative studies of science and technology*, Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V., 1988, pp. 193-228.

NEDERHOF, A.J. and A.F.J. van Raan, "A bibliometrics analysis of six economics research groups : A comparison with peer review", *Research policy*, 22, 1993, pp. 353-368.

NEDERHOF, A.J., R.F. MEIJER, H.F. MOED and A.F.J. van RAAN, "Research performance indicators for university departments: A study of an agricultural university", *Scientometrics*, Vol. 27, No. 2, 1993, pp. 157-178.

NEDERHOF, A.J. and E.C.M. NOYONS, "Assessment of the international standing of university departments' research : A comparaison of bibliometrics methods", *Scientometrics*, Vol. 24, No. 3, 1992, pp. 393-404.

PEREIRA, J.C.R., M.L. PIRES, P.S. DUARTE, A.T. PAES and V. OKANO, "Introducing a method of research evaluation into a university: Medical research at the University of São Paulo, Brazil", *Research evaluation*, Vol. 6, No. 1, April 1996.

Van RAAN, A.F.J., "Evaluation of research groups", in D. EVERED and S. HARNETT (Eds.), *The evaluation of scientific research*, Chichester (UK), John Wiley and Sons, 1989.

RINALDINI, C., "Experience on research evaluation at the Joint Research Centre of the European Commission", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 519-525.

SKEA, J.E.F., B.R. MARTIN and E.N. LING, "Assessing university department: Some problems and partial solutions", in A.F.J. van RAAN, *et al.*, (Eds.), *Science and technology in a*

policy context, (Select Proceedings of the Joint EC - Leiden Conference on Science and Technology Indicators, Leiden, The Netherlands, 23-25 October 1991), Leiden, DSWO Press, (Science Studies Series, No. 8), 1992, pp. 106-121.

ZACHOS, G., "Research output evaluation of 2 university departments in Greece with the use of bibliometric indicators", *Scientometrics*, Vol. 21, No. 2, 1991, pp. 195-221.

5. — VEILLE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

La diversité des textes rassemblés sous le thème de la veille scientifique et technologique illustre bien les multiples possibilités de la bibliométrie. Une collecte judicieuse des données bibliométriques permet de fournir l'information nécessaire à la prise de décision sur un sujet précis. Cette information peut être utilisée par les décideurs publics autant que par les chefs d'entreprises. Ainsi, la bibliométrie renseigne sur la dynamique technologique d'une ville (Dou *et al.*), ou d'une industrie (Koening). La bibliométrie sert aussi à orienter la recherche selon les impératifs de gestion. Ces tâches relèvent du positionnement stratégique comme le montrent Miller et Manseau à propos des laboratoires de recherche et développement, Moed et ses collègues sur la recherche universitaire ou Hicks, Martin et Irvine sur la recherche appliquée. Enfin, les résultats d'études bibliométriques servent aussi à informer le processus d'évaluation par les pairs et la réflexion sur les politiques.

BAYEN, M., "La veille technologique: un enjeu national", *Revue française de bibliométrie*, 1990.

COURTIAL, J.-P. and J.-C. REMY, "Toward the cognitive management of a research institute", *Research Policy*, Vol. 17, 1988, pp. 225-233.

COURTIAL, J.-P., M. CALLON and A. SIGOGNEAU, "The use of patent titles for identifying the topics of invention and forecasting trends", *Scientometrics*, Vol. 26, No. 2, 1993, pp. 231-242.

DESVALS, H. et DOU H., *La veille technologique*, Paris, Dunod, 1992.

DOU, H., L. QUONIAM, and P. HASSANALY, "The scientific dynamics of a city : A study of chemistry in Marseille from 1981 to the present", *Scientometrics*, Vol. 22, No. 1, 1991, pp. 83-93.

HICKS, D., B. MARTIN and J. IRVINE, "Bibliometric techniques for monitoring performance in technologically oriented research: The case of integrated optics", *R&D management*, Vol. 16, No. 3, 1986.

JAGODZINSKI, S., J.P. COURTIAL and B. LATOUR, "How to measure the degree of independance of a research system", *Scientometric*s, 4, 1982, pp. 119-133.

KOENING, Michael E.D., "A bibliometric analysis of pharmaceutical Research", *Research policy*, 12, 1983, pp. 16-36.

MEADOWS, A.J. and J.G. O'CONNOR, "Bibliographic statistics as a guide to growth points in science", *Science studies*, 1, 1971, pp. 95-99.

MILLER, R. and A. MANSEAU, "Bibliometric indicators and the competitive environment of R&D laboratories", *Scientometrics*, Vol. 36, No. 3, 1996, pp. 421-434.

MOED, H.F., W.J.M. BURGER, J.G. FRANKFORT and A.F.J. van RAAN, "La bibliométrie et son utilité pour l'orientation générale des recherches universitaires", *Revue internationale de gestion des établissements d'enseignement supérieur*, Vol. 9, 1985, pp. 210-220.

MOED, H.F., R.E. de BRUIN, A.J. NEDERHOF and R.J.W. TIJSSEN, "International scientific cooperation and awareness within the european community: Problems and perspectives", *Scientometrics*, Vol. 21, 1991, pp. 291-311.

MOED, H.F. and F.T. HESSELINK, "The publication output and impact of academic chemistry research in the Netherlands during the 1980s: Bibliometric analyses and policy implications", *Research policy*, Vol. 25, 1997, p. 819.

NAGPAUL, P.S. and L. SHARMA, "Science in the eighties: A typology of countries based on inter-field priorities", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 2, 1995, pp. 263-283.

Van RAAN, A.F.J., "Advanced bibliometric methods as quantitative core of peer review based evaluation and foresight exercises", *Scientometrics*, Vol. 36, No. 3, 1996, pp. 397-420.

6. — ÉTUDES BIBLIOMÉTRIQUES SUR LE CANADA

Plusieurs études bibliométriques portant sur des aspects particuliers de l'activité scientifique au Canada ont été publiées. Ces études couvrent les sujets les plus divers et témoignent de l'existence d'un noyau de bibliométriciens actifs au pays. Parallèlement aux publications scientifiques, il existe une abondante littérature sous forme de rapports de recherche. Cette sélection n'offre qu'un aperçu de la production bibliométrique canadienne et ne prétend pas être exhaustive.

ANDERSON, F. and R. DALPÉ, *A comparison of alternative data sources to profile national research communities: The case of Canadian polymer research*, Montréal, Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), Notes de recherche 92-05, 1992.

ANDERSON, F. and R. DALPÉ, "A profile of Canadian coal and petroleum research communities", *Scientometrics*, Vol. 25, No. 3, 1992, pp. 447-463.

DALPÉ, R., "International activities of public laboratories in Canada", *Technology in society*, Vol. 19, No. 2, 1997, pp. 127-143.

DALPÉ, R. and ANDERSON, F., "National priorities in academic research: Strategic research and contracts in renewable energies", *Research policy*, Vol. 24, 1995, pp. 563-581.

DALPÉ, R., É. GAUTHIER, M. PARENT, et M. PRUD'HOMME, *Les activités internationales des laboratoires publics au Québec*, Québec, Conseil de la science et de la technologie, novembre 1993.

DALPÉ, R. et Y. GINGRAS, "Recherche universitaire et priorités nationales: l'effet du financement public sur la recherche en énergie solaire au Canada", *Canadian journal of higher education*, Vol. 20, 1990, pp. 27-44.

DALPÉ, R. and B. LONGPRÉ, *The state of Canadian research in physics and electrical engineering*, Report to the NRCC, Montréal, Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), August 1995.

DAWSON, P., R. DALPÉ, B. LONGPRÉ and C. CARON, "A bibliometric view of the state of Canadian research in semiconductors and photonics", *La physique au Canada*, juillet/août, 1996, pp. 151-158.

GAGNÉ, J. and M. LECLEC, "Quebec's science indicators: A survey", *Science and public policy*, Vol. 19, No. 5, October 1992.

GEORGHIOU, L., *Evaluation of research: Evaluation of research in Canada*, Ad-hoc Group on Scientific and University Research, Directorate for Science, Technology and Industry, Paris, OECD, January 1986.

GINGRAS, Y., *Bibliometric analysis of funded research: A feasibility study*, Report to the Program Evaluation Committee of NSERC, Montréal, Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), January 1996.

GINGRAS, Y., et C. MÉDAILLE, *La langue de publication des chercheurs québécois en sciences naturelles, génie et sciences biomédicales (1980-1988)*, Québec, Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science, Direction du développement scientifique, 1991.

GINGRAS, Y., M. LECLERC, et C. MÉDAILLE, La recherche scientifique au Québec: production et productivité de 1980 à 1988, *Interface*, Vol. 12, No. 3, Mai-juin 1991, pp. 25-32.

GODIN, B., *"Endangered Species?" Une nouvelle estimation de la part du français dans les communications scientifiques*, Rapport de recherche présenté au Conseil de la langue française, Montréal, INRS/Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), novembre 1995.

GODIN, B., *Profil des thématiques de la recherche québécoise: application au génie*, Rapport de recherche présente au Fonds FCAR, Montréal, INRS/Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), juin 1995.

GODIN, B., "Research and the practice of publication in industries", *Research policy*, Vol. 25, 1997, pp. 587-606.

GODIN, B., *Profil bibliométrique de la recherche financée en sciences naturelles, génie et sciences biomédicales*, Rapport de recherche présenté au Fonds FCAR, Montréal, INRS/Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), avril 1997.

GODIN, B., R.S. BARKER and M. LANDRY, "Besides academic publications: Which sectors compete, or are there competitors?", *Scientometrics*, 33, 1, 1995, pp. 3-12.

GODIN, B. and M.P. IPPERSIEL, "Scientific collaboration at the regional level: The case of a small country", *Scientometrics*, 36, 1, 1996, pp. 59-68.

GODIN, B. et R. LANDRY, *L'avenir de la collaboration scientifique au Québec: une analyse basée sur la convergence d'indicateurs*, Rapport de recherche présenté au fonds FCAR, Montréal, INRS/Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), janvier 1995.

GODIN, B. et C. LIMOGES, *Les revues scientifiques québécoises: une évaluation du programme de soutien aux revues du fonds FCAR*, Rapport de recherche présenté au fonds FCAR, Montréal, INRS/Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), mai 1995.

GODIN, B. et M. TRÉPANIER, *Les matériaux composites à matrice polymérique*, Rapport de recherche présente à l'Ordre des ingénieurs du Québec et au ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie, Montréal, INRS/Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), mai 1994.

INHABER, H., "The leading edge of science in Canada", *Research policy*, Vol. 7, 1978, pp. 88-98.

LECLERC, M., *La coopération scientifique du Canada avec les autres pays membres de l'ALENA et certains pays d'Amérique latine 1980-1990*, Rapport préparé pour Industrie Canada, Bureau du conseiller scientifique principal, Québec, avril 1994.

LECLERC, M., "La coopération scientifique internationale: l'exemple du Canada", *La recherche*, Vol. 24, No. 252, Mars 1993, pp. 350-357.

LECLERC, M. et J. GAGNÉ, "La coopération scientifique internationale du Québec", *Nouvelles de la science et des technologies*, Vol. 9, No. 2, 1991, pp. 133-136.

LECLERC, M., J.-F. MIQUEL, N. NARVAEZ, L. FRIGOLETTO et Y. OKUBO, "La coopération scientifique France-Québec: analyse des cosignatures", *Interface*, Vol. 12, No. 5, septembre-octobre 1991, pp. 19-23.

LECLERC, Michel, Y. OKUBO, L. FRIGOLETTO and J.-F. MIQUEL, "Scientific co-operation between Canada and the European Community", *Science and public policy*, Vol. 19, No. 1, February 1992, pp. 15-24.

LEYDESDORFF, L. and É. GAUTHIER, "The evaluation of national performance in selected priority areas using scientometric methods", *Research policy*, Vol. 25, 1996, pp. 431-450.

MACAULEY, James B., *An indicator of excellence in Canadian science*, Ottawa, Statistics Canada, Catalogue 88-501E , 1985.

MARCHESSAULT, R., R. DALPÉ and É. GAUTHIER, *Evaluation of Canadian research in metals and alloys*, Report to the Royal Society of Canada, 1992.

REES-POTTER, Lorna K., "Identification of areas of social science research in Canada: A bibliometric analysis", *Proceedings of the American Society for information science*, 17, 1980, pp. 282-284.

SMITH, W.A.,"Evaluating research, technology and development in Canadian industry: Meeting the challenges of industrial innovation", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 527-539.

SYLVAIN, C., "Canadian research activity in aquaculture: A bibliometric analysis", *Scientometrics*, Vol. 27, No. 3, 1993, pp. 295-316.

TRÉPANIER, M. et B. GODIN, *Les matériaux composites à matrice polymérique; les bioréacteurs; les technologies de reconnaissance de la voix et de l'image*, trois rapports de recherche présentés à l'Ordre des ingénieurs du Québec et le ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie du Québec, 1994.

7. — LECTURES COMPLÉMENTAIRES

7.1 — Techniques de classification et cartographie

Sous ce thème sont rassemblés des textes traitant de diverses méthodes de représentation graphique. La cartographie consiste en l'élaboration de cartes où l'on positionne le contenu de la production scientifique, ainsi que les divers acteurs de la recherche. Le but est de fournir une représentation graphique de la structure de la production scientifique, à un moment donné de son développement, sur un espace à deux ou trois dimensions. La cartographie et la classification servant à délimiter les spécialités utilisent la méthode des mots associés et celle des co-citations. Le livre de Braam constitue à lui seul une étude comparative des méthodes de cartographie

courantes. Engelsman et van Raan appliquent la méthode de cartographie par mots clés aux brevets.

BRAAM, R.R., *Mapping of science: Foci of intellectual interest in scientific research*, Leiden, DSWO Press, (Science Studies Series, No. 4), 1991.

CALLON, M., J. LAW and A. RIP, *Mapping the dynamics of science and technology*, London, Macmillan Press Ltd., 1986.

COZZENS, S.E. and L. LEYDESDORFF, "Journal systems as macro-indicators of structural change in the sciences", in A.F.J. van RAAN, *et al.*, (Eds.), *Science and technology in a policy context*, (Select Proceedings of the Joint EC - Leiden Conference on Science and Technology Indicators, Leiden, The Netherlands, 23-25 October 1991), Leiden, DSWO Press, (Science Studies Series, No. 8), 1992.

ENGELSMAN, E.C. and A.F.J. van Raan, "A patent-based cartography of technology", *Research policy*, Vol. 23, pp.1-26.

LEYDESDORFF, L. "Various methods for the mapping of science", *Scientometrics*, Vol. 11, Nos 5-6, 1987, pp. 295-324.

LEYDESDORFF, L. and S. COZZENS, "The delineation of specialties in terms of journals using the dynamic journal set of the SCI", *Scientometrics*, Vol. 26, 1993, pp. 133-154.

Van RAAN, A.F.J. and R.J.W. TIJSSEN, "Numerical methods for information on aspects of science scientometrics analysis and mapping", in Oppenheim C., J.-M. Griffiths and C. L. Citroen, (Eds), *Perspective in information management Vol. 2*, London, Butterworths, 1990.

REES-POTTER, Lorna K., "Identification of areas of social science research in Canada: A bibliometric analysis", *Proceedings of the American society for information science*, 17, 1980, pp. 282-284.

ROTHMAN, Harry, "Science mapping for strategic planning", in Michael Gibbons, Philip Gummett and B.M. Udgaonkar (Eds.), *Science and technology policy in the 1980s and beyond*, London and New York, Longman's, 1984, pp. 99-116.

SMALL, H. and E. GARFIELD, "The geography of science: Disciplinary and national mapping", *Journal of information science*, Vol. 11, 1985, pp. 147-159.

SMALL, H. and B.C. GRIFFITH, "The structure of scientific literature: Part II Identifying and graphing specialties", *Science studies*, Vol. 4, 1974, pp. 339-365.

TIJSSEN, R.J.W., *Cartography of science : Scientometric mapping with multidimensional scaling methods*, Leiden, DSWO Press, (Science Studies Series, No. 5), 1992.

TIJSSEN, R.J.W. et A.F.J. van Raan, "Mapping changes in science and technology", in R.N. Kostoff (Ed.), Special issue on research impact assessment, *Evaluation review*, Vol. 18, 1, 1994.

TODOROV, R., "Representing a scientific field: A bibliometric approach", *Scientometrics*, Vol. 15, 1989, pp. 593-605.

7.2 — Indicateurs de l'innovation technologique

Narin et Carpenter ainsi que Coward et Franklin sont les spécialistes de l'analyse bibliométrique des brevets. Cette méthode vise l'étude de l'innovation technologique ainsi que celle des liens entre science et technologie. Computer Horizons a développé une méthode d'évaluation de la performance technologique qui peut être appliquée à une entreprise, à un secteur technologique ou encore à l'activité technologique nationale. Parallèlement, Carpenter et Narin ont aussi développé l'analyse des citations dans les brevets afin de mesurer les liens entre la littérature scientifique et le développement technologique. Coward et Franklin utilisent la méthode des co-citations pour explorer les liens entre science et technologie. Ces deux méthodes sont aujourd'hui couramment employées afin d'identifier les champs de recherche à fort potentiel technologique et à l'inverse, les technologies qui font appel à la recherche fondamentale. Le texte de Pavitt propose un examen des problèmes et difficultés liés à l'utilisation des brevets comme indicateur de l'innovation technologique.

ARCHIBUGI, D., "Patenting as an indicator of technology innovation: A review", *Science and public policy*, Vol. 16, No. 6, December 1992.

BASBERG, B., "Patents and the measurement of technological change: A survey of the literature", *Research policy*, Vol. 16, 1987, pp. 131-141.

CARPENTER, M.P. and F. NARIN, "Validation study: Patent citations as indicators of science and foreign dependence", *World patent information*, Vol. 5, No. 3, 1983, pp. 180-185.

CARPENTER, M.P. and F. NARIN, *Assessment of the linkages between patents and fundamental research*, Paris, OECD patents and innovation statistics seminar, June 28-30, 1982.

COWARD, H.R. and J.J. FRANKLIN, *The interaction of science and technology: Exploring the relationship of a bibliometric model to patents*, Center for Research Planning, 1985.

NARIN, F., "Patents bibliometrics", *Scientometrics*, Vol. 30, No. 1, 1994, pp. 147-155.

NARIN, F., "Patents indicators for the evaluation of industrial research output", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 489-496.

NARIN, F., M.P. CARPENTER and P. WOOLF, "Technological performance assessments based on patents and patent citations", *IEEE transactions on engineering management*, EM-31, No. 4, 1984, pp. 172-183.

NARIN, F., E. NOMA and R. PERRY, "Patents as indicators of corporate technological strength", *Research policy*, Vol. 16, 1987, pp. 143-155.

NAUWELAERS, C. and A. REIDS, "Methodologies for the evaluation of regional innovation potential", *Scientometrics*, Vol. 34, No. 3, 1995, pp. 497-511.

OECD, *Using patent data as science and technology indicators: Patent manual 1994*, Paris, OECD, 1994.

PAVITT, K., "Patent statistics as indicators of innovative activities: Possibilities and problems", *Scientometrics*, Vol. 7, No. 1-2, 1985, pp. 77-99.

RABEHARISOA, V., A. SIGOGNEAU, et F. LAVILLLE, *Guide pratique pour l'utilisation des données sur les brevets comme indicateurs scientométriques*, Paris, OCDE, 1992.

SIMONETTI, R., *et al.*, "Product and process innovations: How are they defined? How are they quantified", Vol. 32, No. 1, *Scientometrics*, 1995, pp. 77-89.

SMITH, K., "Technological innovation indicators: Experience and prospects", *Science and public policy*, Vol. 19, No. 6, 1992, pp. 383-392.

TEITEL, S., "Patents, R&D expenditures, country size, and per-capita income: An international comparaison", *Scientometrics*, Vol. 29, No. 1, 1994, pp. 137-159.

7.3 — Analyse des citations et des cocitations

Cette sous-section rassemble quelques documents sur les méthodes de citations et de co-citations. Small et Garfield sont en quelque sorte les pionniers de l'analyse des citations. Les textes de Small et Sweeney ainsi que Small, Sweeney et Greenlee offrent une bonne description de l'analyse des co-citations. Quelques études empiriques utilisant l'une ou l'autre des méthodes ont été ajoutée afin d'illustrer les multiples applications possibles. Le texte de Milman et Gavrilova porte sur l'investigation d'un champ disciplinaire. Nederhof *et al.* montrent l'utilisation des citations lors d'évaluation en milieux académiques. Wallmark et Sedig comparent l'analyse des citations et le jugement par les pairs en tant qu'outils d'évaluation. La littérature sur les méthodes de citations et de co-citations est nombreuse, tant à cause des multiples possibilités d'applications qu'en raison des nombreux débats qu'a suscité l'indicateur de citation. Cette courte bibliographie n'offre qu'un aperçu au lecteur intéressé.

GARFIELD, E., *Citation indexing: Its theory and application in science, technology, and humanities*, New York, Wiley, 1979.

GRAFIELD, E. and A. WELLJAMS-DOROF, "Citations data: Their use as quantitative indicators for S&T evaluation and policy-making", *Science and public policy*, Vol. 19, No. 5, October 1992.

NARIN, F., *Evaluative bibliometrics: The use of publication and citation analysis in the evaluation of scientific activity*, Contract NSF C-627, National Science Foundation, March 31, 1976, Monograph: 456, NTIS Accession #PB252339/AS.

MILMAN, B.L. and Y.A. GAVRILOVA, "Analysis of citation and co-citation in chemical engineering", *Scientometrics*, Vol. 27, No. 1, 1993, pp. 53-74.

SMALL, H. and SWEENEY, E., "Clustering the Science Citation Index using co-citations: Part I. A comparison of methods", *Scientometrics*, Vol. 7, 1985, pp. 391-409.

SMALL, H., E. SWEENEY and GREENLEE, E., "Clustering the Science Citation Index using co-citations: Part II. Mapping science", *Scientometrics*, Vol. 8, 1985, pp. 331-340.

WADE, N., "Citation analysis: A new tool for science administrators", *Science*, Vol. 188, 1975, pp. 429-432.

WALLMARK, J.T. and K.G. SEDIG, "Quality of research measured by citation method and by peer review: A comparison", *IEEE transactions on engineering management*, Vol. 33, No. 4, 1986.

7.4 — Analyse des mots associés

L'analyse des mots associés et l'analyse des co-citations servent toutes deux à identifier la dynamique des domaines de recherche. Le résultat de ces analyses est présenté sous forme de cartes, le plus souvent. Ainsi, les trois premiers articles de la sélection utilisent à la fois l'analyse des mots associés et l'analyse des co-citations. Les quatre derniers textes n'utilisent que la méthode des mots associés.

De BRUIN, R.E. and H.F. MOED, "Delimitation of scientific subfields using cognitive words from corporate addresses in scientific publications", *Scientometrics*, Vol. 26, No. 1, 1993, pp. 65-80.

CAMBROSIO, A., C. LIMOGES, J.P. COURTIAL and F. LAVILLE, "Historical scientometrics? Mapping over 70 years of biological safety research with co-word analysis", *Scientometrics*, Vol. 27, No. 2, 1993, pp. 119-143.

COURTIAL, J.P., "A co-word analysis of scientometrics", *Scientometrics*, Vol. 31, No. 3, 1994, pp. 251-26.

COURTIAL, J.P. and J. LAW, "A co-word study of artificial intelligence", (Notes & Letters), *Social studies of science*, Vol. 19, No. 2, pp. 301-311.

HINZE, S., "Bibliographical cartography of an emerging interdisciplinary discipline: The case of bioelectronics", *Scientometrics*, Vol. 29, No. 3, 1994, pp. 353-376.

Van RAAN, A.F.J. and R.J.W. TIJSSEN, "The neural net of neural network research: An exercise in bibliometric mapping", *Scientometrics*, Vol. 26, No. 1, 1993, pp. 169-192.

TIJSSEN, R.J.W. et A.F.J. van Raan, "Mapping co-word structures: A comparison of multidimensional scaling and Leximappe", *Scientometrics*, Vol. 15, No. 3-4, 1989, pp. 283-295.

ZITT, M. and BASSECOULARD, E., "Development of a method for detection and trend analysis of research fronts built by lexical or co-citation analysis", *Scientometrics*, Vol. 30, No. 1, 1994, pp. 333-351.

ANNEXE I – Glossaire

Citation: Lorsqu'un document A mentionne un document B, on dit que le document B est cité comme source d'information par le document A. Dans ce sens, toutes les citations sont dérivées des références. Alors que le terme référence s'applique à la source d'une information; le terme citation souligne l'action de citer une référence. La citation est donc un concept purement analytique.

Domaine de recherche:

Par domaine de recherche on entend l'ensemble des objets de recherche qui peuvent être réunis sous un même thème. Ainsi, un domaine de recherche peut être interprété comme un agrégat de revues scientifiques présentant soit des thèmes de recherche connexes, soit se citant mutuellement. Dans ce dernier cas, les citations de revues à revues sont interprétées comme un indicateur de l'affinité entre les objets recherche. Un domaine de recherche est donc un ensemble de travaux de recherche portant sur des objets ayant un certain rapport entre eux. Le domaine de recherche est plus ou moins cohérent dépendant de la densité des liens qui unissent les objets de recherche.

Référence:

Les références sont présentées dans les notes en bas de page et dans la bibliographie à la fin d'un document. Le terme référence s'applique donc exclusivement aux documents dont la description bibliographique est mentionnée comme source d'information par un autre document. La référence fait ainsi partie de l'information contenue dans un texte.

Secteur institutionnel:

Les politiques de la science et de la technologie reconnaissent généralement trois principaux lieux d'exécution de la recherche: le milieu universitaire, l'industrie et les laboratoires publics. Cependant, étant donné les particularités de la banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies* qui englobe les sciences naturelles, génie et biomédicales, les sciences humaines ainsi que les arts et les sciences humaines, de nouveaux secteurs d'activités doivent être ajoutés afin de mieux refléter tous les acteurs de la recherche au Canada. Ces secteurs correspondent à des types d'institutions qui peuvent être regroupés en fonction des besoins de l'analyse. Seize types d'institution ont été identifiés dans la banque. La définition d'un secteur d'activité comprend donc un ou plusieurs types d'institution dépendant des besoins particulier de l'analyse. Ces regroupements sont effectués au besoin lors de l'interrogation de la banque.

A — Sources documentaires

La banque de données de données de l'Observatoire des Sciences et des Technologies est construite à partir des données fournies par le Science Citation Index (SCI), le Social Science Citation Index (SSCI) et le Art & Humanities Citation Index (AHCI)[38]. Elle a été construite en quatre grandes étapes: repérage des documents, traitement de l'information, normalisation des données et codification. Ce sont ces deux dernières opérations qui distinguent la banque de données de l'Observatoire des Sciences et des Technologies des autres banques de données bibliographiques disponibles sur le marché.

La première étape a consisté à repérer l'ensemble des documents comportant le mot "Canada" dans l'adresse des publications recensées par le SCI, le SSCI et le AHCI pour les années 1995 et 1996. Ces banques de données, produites par l'*Institute for Scientific Information* (ISI), sont disponibles en version imprimée, disque compact (CD-ROM) et *on-line*. Ce sont toutes des banques de données annuelles avec mise à jour régulière, mensuelle sur support *on-line*, ou trimestrielle pour les disques compacts. La version CD-ROM a été utilisée pour la construction de la banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies.*

Chacune de ces banques de données couvre plusieurs domaines particuliers de la production scientifique. Ainsi, SCI couvre tous les domaines des sciences naturelles, du génie et des sciences biomédicales. SCI, qui couvre jusqu'à 1973 sous forme de CD-ROM[39], couvre annuellement entre 3 500 et 4 000 revues scientifiques considérées comme les plus représentatives de la littérature[40]. La banque SSCI existe depuis 1973 également et recense régulièrement plus de 1 400 revues. À ce nombre s'ajoutent 3 100 revues du domaine des sciences naturelles qui sont recensées de façon sélective cette fois[41]. Enfin, AHCI, qui répertorie les publications en arts et sciences humaines, existe depuis 1978. Il indexe environ 7 100 revues les plus en vue dans leur domaine. De ce nombre environ 1 400 revues sont entièrement indexées alors que 5 700 revues — provenant de SCI et SSCI — le sont de façon sélective[42].

Tous les types de document répertoriés par ISI sont inclus dans la banque de données. La banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies* contient en tout 24 types de documents provenant de l'une ou l'autre des trois sources documentaires. Le tableau A présente quels sont les types de documents qui sont recensés par chacune des trois banques.

---

[38] La sélection des données s'est basée sur l'année de publication des documents et non sur celle des banques de données utilisées.

[39] Une mise à jour rétrospectif à partir de 1945 est disponible en version imprimée.

[40] E. Garfield, "How ISI selects journals for coverage: Quantitative and qualitative considerations", *Current contents*, No. 22, May 28, 1990.

[41] E. Garfield, "How to use the Social Sciences Citation Index", *Current contents*, Vol. 27, No. 12-13, July 2, 1984.

[42] *Arts & Humanities Citation Index journal citation report*, Philadelphia, Institute for Scientific Information Inc., 1995.

Tableau A — Types de documents, auteurs canadiens en 1995

Types / sources	*SCI*	*SSCI*	*AHCI*	Total	%
article	22 997	3 891	1 129	28 017	66,4
meeting-abstract	3 851	812	4	4 667	11,1
book-review	3	1 397	2 183	3 583	8,5
note	2 015	198	34	2 247	5,3
letter	1 148	105	23	1 276	3,0
review	870	160	55	1 085	2,6
editorial-material	646	39	23	708	1,7
editorial	0	145	31	176	0,4
discussion	127	11	5	143	0,3
correction	82	3	1	86	0,2
poetry	0	0	56	56	0,1
biographical-item	27	10	15	52	0,1
bibliography	3	1	12	16	0,0
software-review	4	8	1	13	0,0
reprint	8	0	1	9	0,0
music-score-review	0	0	6	6	0,0
record-review	0	0	5	5	0,0
fiction	0	0	5	5	0,0
news-item	3	0	1	4	0,0
art-exhibit-review	0	0	4	4	0,0
excerpt	0	0	3	3	0,0
film-review	0	0	3	3	0,0
hardware-review	0	1	1	2	0,0
database-review	0	0	1	1	0,0
TV/radio-review	0	0	0	0	0,0
theatre-review	0	0	0	0	0,0
Total	31 784	6 781	3 602	42 167	100,0

Source: Observatoire des Sciences et des Technologies (CIRST)

Une fois les données de ISI recueillies, les noms des institutions canadiennes figurant dans les adresses ont été normalisés. En effet, l'information contenue dans les disques ISI contient des erreurs et des variantes importantes[43]. L'université McGill par exemple est inscrite sous trois forme: McGILL-UNIV, UNIV-McGILL et McGILLL-UNIV, la dernière occurrence étant probablement une erreur d'entrée

[43] Pour une discussion sur les erreurs dans les adresses, voir: R.E. de Bruin and H.F. Moed, "The unification of addresses in scientific publications", in L. Egghe and R. Rousseau (Eds), *Informatrics 89/90*, Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V., 1990, 65-78. J. Anderson, *et al.*, "On-Line approaches to measuring national scientific output: A cautionary tale", *Science and public policy*, Vol. 15, No. 3, 1988, 53-161. L. Leydesdorff, "Problems with the 'measurement' of national research performance", *Science and public policy*, Vol.15, No. 3, June 1988, 149-152.

de données. Ainsi, de 4 524 institutions canadiennes différentes dans les adresses, la banque de données est passée à 2 839 institutions une fois la normalisation effectuée, soit une baisse de 37 %. La normalisation consiste donc à s'assurer que chaque institution est correctement identifiée sous une forme unique. Les erreurs causées par des adresses incorrectes peuvent avoir des conséquences sur les résultats et l'évaluation de la performance nationale. La qualité de l'évaluation dépend donc en partie de la qualité des données bibliométriques.

La banque de données de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies* permet aussi d'identifier le secteur d'activité (université, hôpital, province, industrie et autre) d'où proviennent les auteurs d'une publication. Ces secteurs ont été identifiés à partir des adresses normalisées des publications. 99.3% des publications ont ainsi pu être identifiées à un type d'institution. Le tableau B décrit les seize catégories couvrant l'ensemble des institutions.

Tableau B — Regroupement des institutions dans la banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies*

Secteurs	Types d'institutions
1. Université :	université
2. Hôpital :	hôpital hôpital vétérinaire
3. Gouvernement :	gouvernement fédéral gouvernement municipal ou régional gouvernement provincial
4. Industrie :	entreprise privée, industrie
5. Autre :	bibliothèque collège école église galerie d'art musée orchestre et musique théâtre autre

L'identification des disciplines et spécialités repose sur trois sources . Pour les articles tirés de SCI, la classification disciplinaire établie par Computer Horizon Incorporated (CHI) a été utilisée. Cette classification comprend 9 domaines et 106 sous-domaines. Quand aux sciences humaines, sociales et aux arts, la classification utilisée est celle proposée par ISI. La liste des classifications CHI et ISI est présentée en annexe III.

L'identification des types d'institutions rend possible une analyse détaillée de leurs activités scientifiques respectives et des relations qui les unissent. Cette analyse peut aussi porter sur des secteurs industriels précis car les industries peuvent être associées au code industriel standard (SIC). De la même manière, les données sur les villes, provinces et pays contenues dans les adresses permettent d'analyser l'activité scientifique par région administrative.

B — Structure de la banque de données de l'Observatoire des Sciences et des Technologies

Toute documentation sur une banque de données ne saurait être complète sans une description détaillée de la structure de l'information qu'elle contient. La section qui suit décrit l'ensemble de la banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies.* Les trois fichiers complémentaires et leur contenu respectif y sont présentés en détail.

La banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies* a une structure relationnelle. Son principe de fonctionnement est assez simple. L'information y est classée de façon segmentée, sur plusieurs fichiers spécialisés. Pour reconstituer l'ensemble de l'information il faut établir un lien entre ces différents fichiers. Ce lien est assuré par une clé commune à tous les fichiers. Ainsi, la banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies* comprends trois fichiers. Le fichier des articles contient toutes les données bibliographiques relatives aux documents. Ce fichier central est accompagné de deux fichiers complémentaires: le fichier des auteurs et le fichier des adresses. Un numéro de document, commun à tous les fichiers, est la clé qui permet de reconstituer l'ensemble de l'information pour un document donné. Chacun de ces fichiers est opérationnel individuellement mais ensemble ils forment un tout. Le schéma de la figure 2 illustre la façon dont l'information contenue dans la banque de données de l'*Observatoire des Sciences et des Technologies* est structurée et comment les relations s'établissent entre les divers fichiers.

Figure A — Schéma de fonctionnement d'une banque de données relationnelle

FICHIER ARTICLES

numéro du document
titre de l'article
nom de la revue **discipline** **facteur d'impact**
Volume
Numéro
page de début
page de fin
Langue
type de document
nombre total d'adresse
nombre total d'auteur
nombre total de citation

FICHIER AUTEURS

numéro du document
auteur#1
auteur#2
auteur#n

FICHIER ADRESSES

numéro du document
adresse
nom de l'institution **institution** **code SIC**
ville **code région**
province
pays

Le fichier des articles présente douze champs interrogeables. Ce fichier contient toute l'information relative à la notice bibliographique de chaque document. Le numéro de l'entrée dans la banque de données correspond au numéro du document. C'est aussi la clé qui identifie le document à travers l'ensemble des trois fichiers. Le fichier des articles comporte en outre le titre du document. Dans le cas d'un article de périodique, par exemple, l'entrée contient le titre de l'article, le nom de la revue où l'article a été publié, le volume et le numéro de la revue, ainsi que la page de début et la page de fin de l'article. Le fichier des articles fourni aussi le nombre total d'auteurs, le nombre total d'adresses ainsi que le nombre total de références attachées au document. Ces renseignements sont à titre indicatif cependant. Des informations détaillées sont fournies dans le fichier des adresses et le fichier des auteurs.

Figure B — Entrée type du fichier des articles

SAS

File Edit Data View Customize Globals Options Window Help

VIEWTABLE: CANADA.ARTCAN95

	REVUE	ANNEE	VOLUME	NUMERO	DEB_PAGE	FIN_PAGE	LANGUE	TYPE_DOC	TITRE1	NBADRES	NBAUTEUR
18612	NATURE	1995	376	6541	596	599	English	Article	An Irf-1-Dependent Pathway of	5	10
18613	NATURE	1995	376	6540	486	490	English	Article	The Variable Effect of Clouds on	3	3
18614	NATURE	1995	376	6539	415	417	English	Article	Size and Structure of the	3	5
18615	NATURE	1995	376	6539	424	427	English	Article	Distinguishable Functions for	2	4
18616	NATURE	1995	376	6539	444	447	English	Article	Sequestration of the	3	5
18617	NATURE	1995	376	6537	240	243	English	Article	Latitudinal Gradient of	3	3
18618	NATURE	1995	376	6535	37	43	English	Article	Identification and Inhibition of the	6	16
18619	NATURE	1995	376	6535	62	66	English	Article	Failure of Blood-Island Formation	6	7
18620	NATURE	1995	376	6535	66	70	English	Article	Role of the Flt-1 Receptor	2	4
18621	NATURE	1995	375	6534	754	760	English	Article	Cloning of a Gene Bearing	21	33
18622	NATURE	1995	375	6533	670	674	English	Article	Archean Subduction Inferred from	4	4
18623	NATURE	1995	375	6530	411	415	English	Article	Herpes-Simplex Virus Turns Off	3	8
18624	NATURE	1995	375	6530	427	431	English	Article	Ice-Binding Structure and	2	2
18625	NATURE	1995	375	6528	241	244	English	Article	Spontaneous Resistance to Acute	5	10
18626	NATURE	1995	375	6527	131	134	English	Article	Observational Evidence for	12	15
18627	NATURE	1995	375	6527	134	137	English	Article	Archean Cratonic Roots, Mantle	6	6
18628	NATURE	1995	375	6526	61	64	English	Article	Defective Axonal-Transport in a	1	3
18629	NATURE	1995	375	6526	84	87	English	Article	Allosteric Transition Intermediates	3	5
18630	NATURE	1995	374	6523	617	622	English	Article	Glycogen-Synthase Kinase-3 and	3	5
18631	NATURE	1995	374	6522	566	569	English	Article	RPA Involvement in the	3	4
18632	NATURE	1995	374	6521	474	477	English	Article	Defective T-Cell Receptor	5	6
18633	NATURE	1995	374	6521	477	479	English	Article	Direct Demonstration of an	5	6
18634	NATURE	1995	374	6517	68	69	English	Article	Immunological Function of a	2	2
18635	NATURE	1995	373	6514	512	515	English	Article	Mating Cost of Large Floral	2	2
18636	NATURE	1995	373	6512	347	349	English	Article	W/Kit Gene Required for	4	6
18637	NATURE	1995	373	6511	223	225	English	Article	Large-Size of Lyman-Alpha Gas	4	5
18638	NATURE	1995	373	6511	239	241	English	Article	Unexpected Patterns of Parentage	2	3
18639	NATURE	1995	373	6510	130	132	English	Article	Friction Melt Distribution in a	1	2
18640	NATURE	1995	373	6510	138	139	English	Article	Effect of Bed Morphology on Flow	1	2

OUTPUT

C:\SAS

Le fichier des auteurs comporte trois champs, incluant le champ clé. Ce fichier répertorie le nom de tous les auteurs de chaque document, ainsi que chacune des adresses indiquées.

Figure C — Entrée type du fichier des auteurs

SAS

File Edit Data View Customize Globals Options Window Help

VIEWTABLE: CANADA.AUTCAN95

	ID_ART	NOM
1	107000001	Davison-CM
2	107000003	Baillargeon-M
3	107000004	Mcdonald-A
4	107000005	Yhap-J
5	107000006	Miller-BG
6	107000007	Powell-JV
7	107000008	Fiske-JA
8	107000009	Debruijn-E
9	107000009	Dudley-D
10	107000010	Joseph-NB
11	107000011	Rasula-J
12	107000012	Isaacs-TL
13	107000013	Brennan-S
14	107000014	Katerberg-WH
15	107000015	Kukla-A
16	107000016	Ruse-M
17	107000017	Gillon-BS
18	107000018	Trigger-BG
19	107000019	Golombek-L
20	107000019	Mason-RB
21	107000020	Swain-M
22	107000020	Lapkin-S
23	107000021	Shandro-A
24	107000022	Freedman-A
25	107000023	Kilpatrick-RS

C:\SAS

Le fichier des adresses contient la liste de toutes les adresses attachées à chaque document. L'information a été normalisée dans le cas des institutions canadiennes. L'adresse sert à coder le type d'institution , la ville, la région administrative, la province, ainsi que le pays d'origine des auteurs qui ont collaboré au document.

Figure D — Entrée type du fichier des adresses

SAS

File Edit Data View Customize Globals Options Window Help

VIEWTABLE: CANADA.ADRCAN95

	ID_ART	INSTITUT	DEPART	VILLE	PROVINCE	PAYS	CODE_PO	SECTEUR
29232	108015210	ECOLE-POLYTECH	DEPT GENIE ELECT & GENIE	MONTREAL	PQ	CANADA	H3C-3A7	U
29233	108015211	ECOLE-POLYTECH	DEPT GENIE ELECT & GENIE	MONTREAL	PQ	CANADA	H3C-3A7	U
29234	108015212	ECOLE-POLYTECH	DEPT GENIE ELECT &	MONTREAL	PQ	CANADA	H3C-3A7	U
29235	108015213	ETRANGER				FRANCE		
29236	108015213	ETRANGER				FRANCE		
29237	108015213	MCGILL-UNIV	DEPT ELECT ENGN	MONTREAL	PQ	CANADA	H3A-2A7	U
29238	108015214	ECOLE-POLYTECH	DEPT GENIE ELECT & GENIE	MONTREAL	PQ	CANADA	H3C-3A7	U
29239	108015215	ETRANGER				ITALY		
29240	108015215	VICTORIA-UNIV	DEPT ELECT & COMP ENGN	VICTORIA	BC	CANADA	V8W-3P6	U
29241	108015216	ECOLE-POLYTECH	DEPT GENIE ELECT & GENIE	MONTREAL	PQ	CANADA	H3C-3A7	U
29242	108015217	ETRANGER				POLAND		
29243	108015217	VICTORIA-UNIV	DEPT ELECT & COMP ENGN	VICTORIA	BC	CANADA	V8W-3P6	U
29244	108015218	NORTEL-TECHNOL		MONTREAL	PQ	CANADA	H4S-1K5	E
29245	108015219	INFOMAGNET-TECHNOL-CORP		WINNIPEG	MB	CANADA		E
29246	108015219	UNIV-MANITOBA	DEPT ELECT & COMP ENGN	WINNIPEG	MB	CANADA	R3T-2N2	U
29247	108015220	QUEENS-UNIV	DEPT ELECT ENGN	KINGSTON	ON	CANADA	K7L-3N6	U
29248	108015220	ROYAL-MIL-COLL-CANADA	DEPT ELECT & COMP ENGN	KINGSTON	ON	CANADA	K7K-5L0	C
29249	108015229	UNIV-MANITOBA	DEPT ELECT & COMP ENGN	WINNIPEG	MB	CANADA	R3T-2N2	U
29250	108015230	NATL-RES-COUNCIL-CANADA		WINNIPEG	MB	CANADA	R3B-1Y6	F
29251	108015230	UNIV-MANITOBA		WINNIPEG	MB	CANADA	R3T-2N2	U
29252	108015231	UNIV-TORONTO	DEPT MECH ENGN	TORONTO	ON	CANADA		U
29253	108015232	ETRANGER	DEPT ELECT ENGN			USA		
29254	108015232	UNIV-OTTAWA		OTTAWA	ON	CANADA		U
29255	108015233	BRITISH-COLUMBIA-CANC-RES-		VANCOUVER	BC	CANADA	V5Z-1L3	P
29256	108015234	ECOLE-POLYTECH	DEPT ELECT & COMP ENGN	MONTREAL	PQ	CANADA	H3C-3A7	U
29257	108015235	UNIV-MONTREAL	DEPT PHYS	MONTREAL	PQ	CANADA	H3C-3J7	U
29258	108015236	ETRANGER				USA		
29259	108015236	ETRANGER				ITALY		
29260	108015236	TRIUMF		VANCOUVER	BC	CANADA	V6T-2A3	U

OUTPUT

C:\SAS

ANNEXE III – Classification disciplinaire en sciences

Discipline : Biology
- agricult & food sci
- botany
- dairy & animal sci
- ecology
- entomology
- general biology
- general zoology
- marine bio & hydrobi
- miscellaneous biol
- miscellaneous zool

Discipline : Biomedical research
- anatomy & morphology
- biochem & molec biol
- biomedical enginrng
- biophysics
- cell biol cyt & hist
- embryology
- genetics & heredity
- genrl biomedical res
- microbiology
- microscopy
- misc biomedical res
- nutrition & dietet
- parasitology
- physiology
- virology

Discipline : Chemistry
- analytical chemistry
- applied chemistry
- general chemistry
- inorganic & nucl chm
- organic chemistry
- physical chemistry
- polymers

Discipline : Clinical medicine
- personality & soc ps
- addictive diseases
- allergy
- anesthesiology
- arthritis & rheumat
- behavioral science
- cancer
- cardiovascular systm
- clinical psychology
- dentistry
- dermat & venerl dis
- devel & child psycho
- endocrinology
- experimental psychol
- fertility
- gastroenterology
- general psychology
- genrl & internal med
- geriatrics
- hematology
- hygiene & publ hlth
- immunology
- misc clinical med
- misc psychology
- nephrology
- neurol & neurosurg
- obstetrics & gynecol
- ophthalmology
- orthopedics
- otorhinolaryngology
- pathology
- pediatrics
- pharmacology
- pharmacy
- psychiatry
- radiology & nucl med
- respiratory system
- surgery
- tropical medicine
- urology
- veterinary medicine

Discipline : Earth and space
- astronmy & astrophys
- earth & plantry sci
- environmental sci
- geography
- geology
- meteorol & atmos sci
- oceanography & limno

Discipline : Engineering & techn
- aerospace technology
- chemical engineering
- civil engineering
- computers
- electr eng & elctron
- general engineering
- industrial engineer
- library & info sci
- materials science
- mechanical engineer
- metals & metallurgy
- misc eng & technol
- nuclear technology
- op res & managmt sci

Discipline : mathematics
- applied mathematics
- general mathematics
- misc mathematics
- probablty & statist

Discipline : Physics
- acoustics
- applied physics
- chemical physics
- fluids & plasmas
- general physics
- miscellaneous phys
- nucl & particle phys
- optics
- solid state physics

ANNEXE IV – Classification disciplinaire en sciences sociales, en sciences humaines et en arts et lettres

Discipline : Anthropologie
Anthropologie
Ethnologie
Folklore

Discipline : Archéologie
Archéologie

Discipline : Art & scs humaines
Arts and humanities, general

Discipline : Autres
Démographie

Environnement
Family studies
Méthodes mathématiques en sciences sociales
Sciences sociales inter-disciplinenaires

Substance abuse
Transport
Etudes environnementales
Etudes asiatiques
Études féministes

Discipline : Beaux-Arts
Architecture
Art
Dance
Musique
ThÈatre

Discipline : Bibliothéconomie
Information science & library science

Discipline : Communication
Communication

Discipline : Droit
Criminology and penology
Droit

Discipline : Géographie, dévelop. et Ètudes urbaines
Géographie
Planification et développement
Études régionales
Études urbaines

Discipline : Histoire
Histoire
Histoire des sciences sociales
Histoire et philosophie des sc.

Discipline : Linguistique

Linguistique
Language et linguistique

Discipline : Littérature
Classics
Literary Review

Literature, British Isles
Literature, Romance
Literature
Littérature africaine, canadienne, australienne
Littérature américaine
Littérature germanique, scandinave, néerlandaise
Littérature slave
Poésie

Discipline : Philosophie
Philosophie

Discipline : Psychiatrie
Psychiatrie

Discipline : Psychologie
Psychologie
Psychologie appliquée
Psychologie clinique
Psychologie du développement
Psychologie expérimentale
Psychologie mathématiques
Psychologie sociale
Psychologie, biologie
Psychologie, psychoanalyse
Psychologie, éducation

Discipline : Santé
Ergonomie
Geriatrie et gérontologie
Health policy & services
Infirmerie
Médecine légale
Neurologie clinique
Réhabilitation
Santé publique
Sciences sociales biomédicales

Discipline : Scs Politiques
Relations internationales
Science politique

Discipline : Scs administratives
Administration publique
Business
Business Finance
Management
Relation industrielle et travail

Discipline : Scs Religieuses
Religion

Discipline : Sociologie
Social issues
Sociologie

Discipline : Travail Social
Travail social

Discipline : Économie
Économie

Discipline : Éducation
Éducation
Éducation, spécial
Education and educational research

Pour commander des publications cataloguées

On peut se procurer la présente publication et les autres publications auprès des agents autorisés régionaux des librairies de quartier et des bureaux régionaux de Statistique Canada. On peut aussi les commander par la poste en s'adressant à:

Statistique Canada
Division des opérations et de l'intégration
Gestion de la circulation
120, avenue Parkdale
Ottawa, Ontario
K1A 0T6
1(613)951-7277

Commandes (sans frais partout au Canada): 1-800-267-6677
Numéro du télécopieur: 1-(613)-951-1584
Toronto : Carte de crédit seulement (416)973-8018

PUBLICATIONS AU CATALOGUE

Publications statistiques

88-202-XPB Recherche et développement industriels, Perspective 1997 (avec des estimations provisoires pour 1996 et des dépenses réelles pour 1995)

88-204-XPB Activités scientifiques fédérales, 1997-1998 (annuel)

88-001-XPB Statistiques des sciences (mensuel)

Volume 21

No. 1 Activités scientifiques et technologiques (S-T) des administrations provinciales, 1987-1988 à 1995-1996

No. 2 L'effet du pays de contrôle sur l'exécution de la recherche et du développement (R -D) industrielle au Canada, 1993

No. 3 Les organismes provinciaux de recherche, 1995

No. 4 Dépenses de l'administration fédérale au titre des activités scientifiques, 1997-1998

No. 5 Recherche et développement industriels de 1993 à 1997

No. 6 La recherche et le développement (R-D) au titre des logiciels dans l'industrie canadienne, 1995

No. 7 Répartition provinciale et territoriale des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie, 1995-1996

No. 8 Dépenses totales au titre de la recherche et du développement au Canada, 1986 à 1997[e] et dans les provinces, 1986 à 1995

No. 9 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1995-1996

No. 10 Ressources humaines affectées à la recherche et au développement (R-D) au Canada, 1986 à 1995

No. 11 Recherche et développement (R-D) en biotechnologie dans l'industrie canadienne en 1995

No. 12 Dépenses au titre de la recherche et du développement (R-D) pour la protection de l'environnement dans l'industrie canadienne, 1995

No. 13 Dépenses au titre de la recherche et du développement (R-D) des organismes privés sans but lucratif (OSBL), 1996

Volume 22

No. 1 Les organismes provinciaux de recherche, 1996

No. 2 Dépenses de l'administration fédérale au titre des activités scientifiques, 1998-1999

No. 3 Personnel de l'administration fédérale affecté aux activités scientifiques et technologiques (S-T), 1989-1990 à 1998-1999[e]

No. 4 Activités scientifiques en biotechnologie selon c ertains ministères fédéraux et organismes, 1997-1998

DOCUMENTS DE TRAVAIL - 1997

Ces documents de travail sont disponibles à la Section des sciences et de la technologie. Veuillez contacter:

Section des sciences et de la technologie
Projet de remaniement des sciences et de la technologie
Statistique Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0T6
Tél: (613) 951-6347

ST-97-01 Un compendium de statistiques sur les sciences et la technologie, Février 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-02 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province, 1994-1995, Février 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-03 Activités scientifiques et technologiques des administrations provinciales, 1989-90 à 1995-96, Mars 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-04 Dépenses et personnel de l'administration fédérale au titre des activités en Sciences naturelles et sociales, 1987-1988 à 1996-1997[e,] Mars 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-05 Transferts de fonds aux fins de la recherche et du développement industriels dans l'industrie canadienne, 1993, Mars 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-06 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1995-1996, Août 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-07 Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1986 à 1987 et selon la province, 1986 à 1995, Août 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-08 Dépenses et personnel de l'administration fédérale au titre des activités en sciences naturelles et sociales, 1988-89 à 1997-1998[e], Juillet 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-09 La fiscalité de la recherche et du développement au Canada : Comparaison interprovinciale, Septembre 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-10 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province, 1987-1988 à 1995-1996, Octobre 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-11 Commercialisation de la propriété intellectuelle dans le secteur de l'enseignement supérieur : Une étude de faisabilité, Octobre 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-12 Données démographiques sur les entreprises en tant qu'indicateurs de l'activité novatrice, Octobre 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-13 Méthodologie des estimations relatives au personnel en R-D de l'enseignement supérieur, Novembre 1997
Prix : 75,00 $

ST-97-14 Estimations des ressources humaines affectées à la recherche et au développement au Canada, 1979-1995, Novembre 1997
Prix : 75,00 $

DOCUMENTS DE TRAVAIL - 1998

ST-98-01 Un compendium de statistiques sur les sciences et la technologie, Février 1998

ST-98-02 Exportations et emploi connexe dans les industries canadiennes, Février 1998

ST-98-03 Création d'emplois, suppression d'emplois et redistribution des emplois dans l'économie canadienne, Février 1998

ST-98-04 Une analyse dynamique des flux de diplômés en sciences et technologie sur le marché du travail au Canada, Février 1998

ST-98-05 Utilisation des biotechnologies par l'industrie canadienne – 1996, Mars 1998

ST-98-06 Survol des indicateurs statistiques de l'innovation dans les régions du Canada :Comparaisons des provinces, Mars 1998

DOCUMENTS DE RECHERCHE – 1996 ET 1997

No. 1 L'État des indicateurs scientifiques et technologiques dans les pays de l'OCDE, par Benoît Godin, août 1996

No. 2 Le savoir en tant que pouvoir d'action, par Nico Stehr, juin 1996

No. 3 Coupler la condition des travailleurs à l'évolution des pratiques de l'employeur : l'Enquête expérimentale sur le milieu de travail et les employés, par Garnett Picot et Ted Wannell, juin 1996

No. 4 Peut-on mesurer les coûts et les avantages de la recherche en santé? par M.B. Wilk, février 1997

No. 5 La technologie et la croissance économique : Survol de la littérature, par Peter Hanel et Jorge Niosi, avril 1998