



L'ÉTAT DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE AU CANADA, 2012

Le comité d'experts sur l'état de la science
et de la technologie au Canada



Council of Canadian Academies
Conseil des académies canadiennes

Le savoir au service du public

L'ÉTAT DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE AU CANADA, 2012

Le comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie au Canada

LE CONSEIL DES ACADÉMIES CANADIENNES

180, rue Elgin, bureau 1401, Ottawa (Ontario), Canada K2P 2K3

Avis : Le projet sur lequel porte ce rapport a été entrepris avec l'approbation du conseil des gouverneurs du Conseil des académies canadiennes (CAC). Les membres de ce conseil des gouverneurs sont issus de la Société royale du Canada (SRC), de l'Académie canadienne du génie (ACG) et de l'Académie canadienne des sciences de la santé (ACSS), ainsi que du grand public. Les membres du comité d'experts responsable du rapport ont été choisis par le CAC en raison de leurs compétences spécifiques et en vue d'obtenir un équilibre des points de vue.

Ce rapport a été préparé pour le gouvernement du Canada en réponse à une demande soumise par le ministre de l'Industrie. Les opinions, constatations, conclusions et recommandations présentées dans cette publication sont celles de leurs auteurs, à savoir les membres du comité d'experts sur l'état de la S-T au Canada, et ne représentent pas nécessairement la position des organismes auxquels ils sont affiliés ou dont ils sont employés.

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

L'état de la science et de la technologie au Canada [ressource électronique] / Le comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie au Canada.

Publ. aussi en anglais sous le titre: The state of science and technology in Canada.

Comprend des réf. bibliogr. et un index.

Monographie électronique en format PDF.

Publ. aussi en format imprimé.

ISBN 978-1-926558-48-6

1. Sciences–Canada. 2. Technologie–Canada.

I. Conseil des académies canadiennes. Comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie au Canada

Q127.C2S6314 2012

509.71'090511

C2012-905657-X


Avis de non-responsabilité : Au meilleur de notre connaissance, les données et les informations tirées d'Internet qui figurent dans le présent rapport étaient exactes à la date de publication du rapport. En raison de la nature dynamique d'Internet, des ressources gratuites et accessibles au public peuvent subséquemment faire l'objet de restrictions d'accès ou exiger des frais, et l'emplacement des éléments d'information peut changer lorsque les menus et les pages Web font l'objet de modifications.

© 2012 Conseil des académies canadiennes

Imprimé à Ottawa, Canada



Council of Canadian Academies
Conseil des académies canadiennes

Canada  Cette évaluation a été rendue possible grâce au soutien du gouvernement du Canada.

Le Conseil des académies canadiennes

Le savoir au service du public

Le Conseil des académies canadiennes (CAC) est un organisme indépendant à but non lucratif qui soutient des évaluations scientifiques indépendantes, effectuées par des experts, qui alimentent l'élaboration de politiques publiques au Canada. Dirigé par un conseil de 12 gouverneurs et conseillé par un comité consultatif scientifique de 16 membres, le CAC a pour champ d'action la « science » prise au sens large, qui englobe les sciences naturelles, les sciences sociales, les sciences de la santé, le génie et les sciences humaines.

Les évaluations du CAC sont effectuées par des comités pluridisciplinaires indépendants d'experts provenant du Canada et de l'étranger. Ces évaluations visent à connaître les problèmes nouveaux, les lacunes dans les connaissances, les points forts du Canada, de même que les tendances et les pratiques internationales dans les domaines étudiés. Ces études fournissent aux décideurs gouvernementaux, aux universitaires et aux parties prenantes l'information de grande qualité dont ils ont besoin pour élaborer des politiques publiques éclairées et innovatrices.

Toutes les évaluations du CAC sont soumises à un examen formel par des pairs. Elles sont publiées en français et en anglais et accessibles au public sans frais. Des fondations, des organismes non gouvernementaux, le secteur privé ou tout palier de gouvernement peuvent soumettre au CAC des questions susceptibles de faire l'objet d'une évaluation.

Le CAC bénéficie du soutien de ses trois académies membres fondatrices :

La Société royale du Canada (SRC) est le principal organisme national regroupant d'éminents scientifiques, chercheurs et gens de lettres au Canada. La SRC a pour objectif premier de promouvoir l'acquisition du savoir et la recherche en arts et en sciences. Elle est composée de près de 2000 membres, hommes et femmes, choisis par leurs pairs pour leurs réalisations exceptionnelles en sciences naturelles, en sciences humaines et en arts. La SRC s'attache à reconnaître l'excellence, à conseiller les gouvernements et les organisations, ainsi qu'à promouvoir la culture canadienne.

L'Académie canadienne du génie (ACG) est l'organisme national par l'entremise duquel les ingénieurs les plus chevronnés et expérimentés du Canada offrent au pays des conseils stratégiques sur des enjeux d'importance primordiale. Fondée

en 1987, l'ACG est un organisme indépendant, autonome et à but non lucratif. Les membres de l'ACG sont nommés et élus par leurs pairs à titre de membres honoraires, en fonction de leurs réalisations exceptionnelles et de leurs longs états de service au sein de la profession d'ingénieur. Les membres de l'ACG s'engagent à faire en sorte que l'expertise en génie du Canada soit mise au service du plus grand bien de tous les Canadiens et Canadiennes.

L'Académie canadienne des sciences de la santé (ACSS) reconnaît les personnes qui ont à leur actif de grandes réalisations savantes dans le domaine des sciences de la santé au Canada. Fondée en 2004, l'ACSS compte environ 400 membres et nomme chaque année de nouveaux membres. L'organisation est administrée par un conseil de direction et un conseil d'administration. L'ACSS a pour principale fonction de fournir en temps voulu des évaluations éclairées et indépendantes sur des questions urgentes qui touchent la santé de la population canadienne. L'Académie surveille également les événements reliés à la santé mondiale afin d'améliorer l'état de préparation du Canada, et se fait le porte-parole du Canada sur la scène internationale, au sujet des sciences de la santé. L'ACSS offre une voix collective, multidisciplinaire et qui fait autorité, pour les communautés des sciences de la santé.

www.sciencepourlepublic.ca

[@scienceadvice.ca](https://twitter.com/scienceadvice.ca)

Le comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie au Canada

Eliot A. Phillipson, MACSS (président), professeur émérite de médecine Sir-John-et-Lady-Eaton, Université de Toronto (Toronto, Ont.); ancien président-directeur général, Fondation canadienne pour l'innovation (Ottawa, Ont.)

Neil Branda, professeur titulaire de la Chaire de recherche du Canada en science des matériaux et directeur général de 4D LABS, Université Simon-Fraser (Burnaby, C.-B.)

Eric L. Cook, président-directeur général, Conseil de la recherche et de la productivité du Nouveau-Brunswick (Fredericton, N.-B.)

Pierre Côté, président, CÔTÉ Membrane Separation ltée (Hamilton, Ont.)

Sara Diamond, O.Ont., rectrice, Université OCAD (Toronto, Ont.)

Rosa M. Fernández, conseillère économique, ministère des Entreprises, de l'Innovation et des Compétences du Royaume-Uni (Londres, Royaume-Uni)

R.J. (Bob) Fessenden, associé de l'Institut d'économie publique, Université de l'Alberta (Edmonton, Alb.)

Fred Gault, professeur titulaire, UNU-MERIT (Maastricht, Pays-Bas); professeur extraordinaire, Université de technologie de Tshwane (Pretoria, Afrique du Sud)

Gregory S. Kealey, MSRC, vice-recteur principal et vice-recteur à la recherche, Université du Nouveau-Brunswick (Fredericton, N.-B.)

Robert Luke, vice-président adjoint à la recherche et à l'innovation, Collège George-Brown (Toronto, Ont.)

Roderick R. McInnes, C.M., O.Ont., MSRC, MACSS, directeur, Institut Lady-Davis de la recherche médicale, Hôpital général juif; titulaire de la Chaire de recherche du Canada en neurogénétique et de la chaire Alva de génétique humaine, Université McGill (Montréal, Qc)

Janet L. Ronsky, MACG, professeure, École Schulich de génie et Faculté de kinésiologie, Université de Calgary; directrice générale de Biovantage inc., centre albertain d'excellence en ingéniosité (Calgary, Alb.)

Noralou Roos, C.M., MSRC, professeure, Département des sciences de la santé communautaire, Faculté de médecine, Université du Manitoba (Winnipeg, Man.)

Jacquelyn Thayer Scott, O.C., professeure de gestion et stratégie organisationnelles, École de gestion Shannon; ancienne rectrice, Université du Cap-Breton (Sydney, N.-É.)

Adel Sedra, MSRC, MACG, doyen, Faculté de génie, Université de Waterloo (Waterloo, Ont.)

Luc Vinet, professeur de physique et ancien recteur, Université de Montréal (Montréal, Qc)

Lorraine M. A. Whale, gestionnaire de la recherche sur les ressources non conventionnelles, Shell Global Solutions (Canada); professeure associée, Département de chimie et de génie pétrolier, Université de Calgary (Calgary, Alb.)

Jeffrey L.C. Wright, C.M., professeur distingué Carl-B.-Brown d'océanographie, et professeur de chimie et de biochimie, Université de la Caroline du Nord à Wilmington (Wilmington, NC)

Remerciements

Le comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie au Canada est profondément reconnaissant envers les nombreux individus et organismes qui lui ont procuré des intrants et de l'aide.

Mentionnons en premier lieu les 5154 chercheurs parmi les plus cités, de partout dans le monde, et dont la plupart n'ont pas de lien avec le Canada, qui ont donné de leur temps et mis à contribution leurs compétences pour répondre à notre enquête internationale; et les 679 chercheurs du Canada qui ont fait part de leur connaissance approfondie de la S-T canadienne en répondant à notre enquête nationale. Nous remercions également les organismes qui nous ont aidés à choisir les participants à l'enquête canadienne, notamment l'Académie canadienne des sciences de la santé, l'Académie canadienne du génie, la Société royale du Canada, le Programme des chaires de recherche du Canada, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, les Instituts de recherche en santé du Canada, le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada, ainsi qu'un certain nombre d'organismes de recherche provinciaux. Nous voulons également souligner l'aide précieuse de la professeure Victoria Kaspi, de l'Université McGill, ainsi que du personnel du Réseau de cellules souches et d'ArcticNet.

Plusieurs personnes et organismes ont fourni, au début du processus, une aide et des conseils très précieux au personnel du CAC chargé de l'évaluation. En particulier, la Direction de l'innovation, de la science et de la technologie du ministère des Affaires étrangères et du Commerce international a fait part de son point de vue sur le rôle du Canada dans le domaine scientifique à l'échelle internationale. D'autre part, la Fédération canadienne des sciences humaines et le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada ont fourni de précieux conseils à propos des défis liés à l'évaluation de la recherche dans les domaines des sciences humaines et des arts.

Nous remercions également de leur contribution nos experts-conseils des entreprises Science-Matrix, EKOS et Nordicity. Nos remerciements vont aussi à la Division du tourisme et du Centre de la statistique de l'éducation, Direction de l'éducation, du travail et du revenu, de Statistique Canada, qui nous a aidés à naviguer dans ses données sur les étudiants et les chercheurs.

En terminant, le comité d'experts remercie de leur soutien indéfectible les membres du personnel professionnel du CAC qui ont participé à cette évaluation et dont les noms sont énumérés ci-après.

Le président du comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie au Canada,



Eliot A. Phillipson, MACSS

Personnel responsable du projet au Conseil des académies canadiennes

Équipe de l'évaluation : Eleanor Fast, directrice de programme
R. Dane Berry, associé de recherche
Kori St. Cyr, associé de recherche
Kristen Cucan, coordonnatrice de programme

Avec la participation de : Clare Walker, révision du texte anglais
J. Lynn Fraser, relecture du texte anglais
Benoît Thouin, TETRACOMM inc.,
traduction de l'anglais au français
Mary-Christine Thouin, TETRACOMM inc.,
relecture du texte français
Accurate Communications, conception graphique

Examen du rapport

Ce rapport a été examiné, à l'état d'ébauche, par les personnes mentionnées ci-dessous. Celles-ci ont été choisies par le Conseil des académies canadiennes en raison de la diversité de leurs points de vue, de leurs domaines de spécialisation et de leurs origines, dans les secteurs des établissements universitaires, de l'entreprise privée, des politiques et des organisations non gouvernementales.

Ces examinateurs ont évalué l'objectivité et la qualité du rapport. Leurs avis — qui demeureront confidentiels — ont été pleinement pris en considération par le comité d'experts, et un grand nombre de leurs suggestions ont été incorporées dans le rapport. Nous n'avons pas demandé à ces personnes d'approuver les conclusions du rapport, et elles n'ont pas vu la version définitive du rapport avant sa publication. Le comité d'experts sur l'état de la S-T au Canada et le Conseil des académies canadiennes assument l'entière responsabilité du contenu définitif de ce rapport.

Le CAC tient à remercier les personnes suivantes d'avoir bien voulu examiner le rapport :

Arthur J. Carty, O.C., MSRC, MACG, directeur général, Institut de nanotechnologie de Waterloo (Waterloo, Ont.)

Paul Cunningham, chercheur principal, Institut de la recherche en innovation de Manchester, Université de Manchester (Manchester, Royaume-Uni)

Max Fehlmann, président-directeur général, Consortium québécois sur la découverte du médicament (Île-des-Sœurs, Qc)

Peter J. Nicholson, C.M., président fondateur, Conseil des académies canadiennes, 2006-2009 (Ottawa, Ont.)

John (Jack) N. Saddler, MSRC, professeur, Département des sciences du bois, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

Daniel Savas, professeur associé, Programme de maîtrise en politiques publiques, Université Simon-Fraser (Vancouver, C.-B.)

Ronald Stewart, MSRC, professeur, Département d'environnement et de géographie, Université du Manitoba (Winnipeg, Man.)

Tom Traves, Recteur et vice-chancelier, Université Dalhousie (Halifax, N.-É.)

Catherine Wild, doyenne, Faculté des beaux-arts, Université Concordia (Montréal, Qc)

La procédure d'examen du rapport a été supervisée, au nom du conseil des gouverneurs et du comité consultatif scientifique du CAC, par **M. Marcel Côté**, associé fondateur de SECOR inc. Son rôle était de veiller à ce que le comité d'experts prenne en considération de façon entière et équitable les avis des examinateurs. Le conseil des gouverneurs du CAC n'autorise la publication du rapport d'un comité d'experts qu'une fois que la personne chargée de superviser l'examen du rapport confirme que le rapport satisfait bien aux exigences du CAC. Le CAC remercie M. Côté d'avoir supervisé consciencieusement l'examen du rapport.

La présidente-directrice générale du Conseil des académies canadiennes,



Elizabeth Dowdeswell, O.C.

Résumé

Une compréhension approfondie de l'état de la science et de la technologie (S-T) au Canada est essentielle à la prise de décisions en matière de S-T et d'innovation, et de plus en plus importante dans le contexte de l'évolution rapide de la S-T dans le monde. Le gouvernement du Canada, par la voix du ministre de l'Industrie, a demandé au Conseil des académies canadiennes (CAC) d'entreprendre une évaluation de la S-T au Canada, afin de répondre à la question suivante :

Quel est l'état actuel de la science et de la technologie au Canada?

Deux sous-questions ont permis de préciser l'orientation des travaux :

En considérant les domaines de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée, quelles sont les disciplines scientifiques et les applications technologiques dans lesquelles le Canada excelle? Comment ces atouts sont-ils géographiquement répartis dans le pays? Comment ces atouts évoluent-ils par rapport à ce qui se passe dans des pays comparables?

Dans quelles disciplines scientifiques et applications technologiques le Canada a-t-il connu les plus grands progrès ou le plus important déclin au cours des cinq dernières années? Quelles tendances principales sont ressorties? Quelles disciplines scientifiques et applications technologiques pourraient devenir des atouts de premier plan pour le Canada?

Dans le but de répondre à ces questions, le CAC a formé un comité pluridisciplinaire d'experts (le comité). Le mandat du comité couvrait l'ensemble des domaines du génie, des sciences naturelles, des sciences de la santé, des sciences humaines et des arts. Il portait principalement sur la recherche effectuée dans les secteurs de l'enseignement supérieur, des gouvernements et des organismes sans but lucratif. Il excluait spécifiquement la recherche en S-T effectuée dans le secteur privé (qui fait l'objet d'une évaluation distincte du CAC sur l'état de la recherche-développement industrielle). Le rapport du comité fait suite au rapport produit en 2006 par le CAC et intitulé *L'état de la science et de la technologie au Canada*; il en constitue une mise à jour et une extension.

ÉVALUATION DE L'ÉTAT DE LA S-T AU CANADA

La notion d'atout en S-T est intrinsèquement complexe et multidimensionnelle. Elle ne peut donc donner lieu à une évaluation satisfaisante à l'aide d'une mesure ou d'un indicateur unique. Le comité d'experts a donc adopté une approche à plusieurs facettes en faisant appel à des outils de mesure qualitatifs et quantitatifs : bibliométrie (analyse d'articles scientifiques revus par des pairs); deux enquêtes

d'opinion, l'une auprès des chercheurs les plus cités au monde, l'autre auprès d'experts canadiens de la S-T; technométrie (analyse de brevets); analyse de données sur le personnel hautement qualifié (PHQ). Le manque de données disponibles a nuï à l'utilisation d'outils de mesure supplémentaires mieux adaptés aux sciences humaines et aux arts.

La comparaison et la synthèse des différentes méthodes ont été facilitées par l'utilisation constante d'un système de classification en 22 domaines couvrant l'ensemble de la S-T. Même s'il s'agit du meilleur système de classification disponible, il a des limites, comme toute classification par domaine. Notons entre autres le fait qu'il classe les articles scientifiques selon les revues dans lesquelles la recherche est publiée, ce qui peut ne pas correspondre à la discipline scientifique des auteurs ou aux départements traditionnels des universités. Malgré les limites inhérentes à chaque type de données probantes, les résultats sont collectivement exhaustifs et constituent l'un des examens les plus complets jamais réalisés de la S-T au Canada.

L'ÉTAT ACTUEL DE LA S-T AU CANADA

La S-T, telle qu'on l'entend dans le cadre de cette évaluation, est en bonne santé et en progression, tant sur le plan quantitatif que par son impact. Avec moins de 0,5 % de la population mondiale, le Canada produit 4,1 % des articles scientifiques du monde et près de 5 % des articles les plus souvent cités. De 2005 à 2010, le Canada a produit 59 % de plus d'articles que de 1999 à 2004, et il a été le seul pays du G7 à connaître une augmentation supérieure à la moyenne mondiale.

L'impact global de la S-T canadienne, mesuré par la moyenne des citations relatives (MCR) (mesure bibliométrique de la fréquence de citation d'articles), est tout aussi impressionnant. Le Canada est sixième au monde à ce chapitre. Pour ce qui est des MCR par domaine, le Canada est l'un des 5 premiers pays au monde dans 7 domaines de recherche sur 22, et l'un des 10 premiers dans 14 autres domaines.

Ces mesures bibliométriques contribuent à une haute opinion internationale sur la qualité et la rigueur de la S-T au Canada. Parmi les auteurs des articles scientifiques les plus cités, 37 % ont placé le Canada dans les cinq premiers pays au monde, lui accordant globalement le quatrième rang, derrière seulement les États-Unis, le Royaume-Uni et l'Allemagne. Dans leurs domaines respectifs, 68 % de ces auteurs ont estimé que la recherche canadienne est forte par rapport au reste du monde. Un grand nombre de ces chercheurs les plus cités ont également mentionné des installations et programmes de recherche canadiens parmi les plus importants au monde. Dans les domaines des sciences naturelles, des sciences de la santé et du génie, il y a une forte corrélation entre, d'une part, l'impact bibliométrique exprimé par la proportion du 1 % supérieur des articles les plus cités et, d'autre part, la réputation; cela montre l'importance de la qualité des articles scientifiques pour la perception

internationale dans ces domaines. Par contre, il n'y a pas de corrélation entre l'impact bibliométrique et la réputation dans les domaines des sciences humaines et des arts; cela indique que, dans ces domaines, des résultats non mesurés par la bibliométrie (par exemple des livres et des expositions) jouent un plus grand rôle dans la détermination de la réputation.

Les experts canadiens de la S-T ont également qualifié de supérieure la force de la S-T au Canada, mais la moitié des participants à l'enquête ont estimé que le Canada a perdu du terrain au cours des cinq dernières années.

Le Canada appartient à un réseau de collaboration internationale en matière de S-T qui comprend les pays les plus avancés au monde sur le plan scientifique. La S-T canadienne attire des chercheurs étrangers de grande qualité. Un échantillon des chercheurs qui ont publié de 1997 à 2010 montre un flux migratoire net de chercheurs vers le Canada.

Contrairement à son rendement élevé dans la production de connaissances, le pays est plus faible en ce qui concerne les brevets et les indicateurs connexes. Même s'il produit 4,1 % des articles scientifiques du monde, le Canada ne détient que 1,7 % des brevets de la planète, et il a eu en 2010 un solde négatif de près de 5 milliards de dollars en redevances et en droits de licence. Cependant, malgré le petit nombre de brevets, le Canada excelle dans les comparaisons internationales en matière de qualité, se classant deuxième au monde, derrière les États-Unis, pour les citations de brevets (MCR).

DOMAINES DE RECHERCHE DANS LESQUELS LE CANADA EXCELLE

L'approche à plusieurs facettes adoptée par le comité a fourni une quantité considérable de données sur l'ampleur, la qualité et l'évolution de la S-T dans divers domaines. Comme aucune mesure ne permet à elle seule de reconnaître l'excellence, différents domaines émergent parmi les plus forts selon le poids accordé à chaque facette.

Le comité a établi que deux indicateurs de qualité, à savoir le rang du Canada dans un domaine pour ce qui est de la MCR ainsi que son rang dans l'enquête internationale, sont les plus pertinents pour déterminer la place du Canada dans un domaine par rapport à d'autres pays avancés. Selon ces indicateurs de qualité, le comité a établi que le Canada excelle dans les six domaines de recherche suivants (par ordre alphabétique) :

- arts visuels et arts de la scène;
- étude de l'histoire;

- médecine clinique;
- physique et astronomie;
- psychologie et sciences cognitives;
- technologies de l'information et des communications (TIC).

Les indices de citation placent le Canada parmi les cinq premiers pays au monde dans cinq de ces domaines. Le Canada figure également parmi les cinq premiers pays au monde dans cinq de ces domaines selon les chercheurs de réputation internationale qui ont participé à l'enquête. Trois de ces domaines (médecine clinique, physique et astronomie, TIC) font partie des cinq principaux domaines de recherche du pays pour ce qui est du nombre d'articles scientifiques publiés. Sauf pour les TIC, la part du Canada dans les publications mondiales a été plus grande dans ces six domaines de 2005 à 2010 par rapport à la période 1999–2004. Le domaine des TIC compte pour 44 % des brevets du Canada. Nonobstant le défi que représente l'évaluation des points forts de la recherche en sciences humaines et dans les activités créatives, trois des domaines ci-dessus (arts visuels et arts de la scène, étude de l'histoire, psychologie et sciences cognitives) sont inclus, en partie sinon entièrement, dans ces disciplines. Ensemble, ces six domaines témoignent de l'étendue de l'excellence de la recherche canadienne.

En plus des six domaines d'excellence, le comité a dressé une liste de neuf sous-domaines dans lesquels le Canada est au premier rang mondial pour ce qui est de l'impact scientifique, établi par bibliométrie (MCR) :

- administration et gestion;
- anatomie et morphologie;
- astronomie et astrophysique;
- criminologie;
- dermatologie et maladies vénériennes;
- lettres classiques;
- médecine générale et interne;
- physique des particules et nucléaire;
- zoologie.

Quatre de ces sous-domaines (administration et gestion, anatomie et morphologie, criminologie, zoologie) ne font pas partie des six domaines d'excellence énumérés plus haut. Selon la MCR, le Canada fait partie des 5 premiers pays au monde dans 56 sous-domaines, soit 32 % des 176 sous-domaines étudiés.

Les données relatives aux points forts dans les applications technologiques sont moins exhaustives, mais elles indiquent que les brevets canadiens dans les domaines des TIC, des produits chimiques et de l'agroalimentaire ont un impact plus grand que la moyenne mondiale.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES ATOUS EN S-T

Les provinces les plus peuplées du Canada, soit l'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta, sont les moteurs de la S-T canadienne, selon tous les indicateurs examinés dans ce rapport. Elles totalisent 97 % des articles scientifiques produits au Canada. L'Ontario représente 46 % de la production bibliométrique du Canada, ce qui correspond à sa part de 45 % des dépenses intérieures brutes en R-D (DIRD) effectuées au Canada. La Colombie-Britannique arrive en tête des provinces pour ce qui est de l'impact mesuré par la MCR.

Les quatre mêmes provinces sont le plus souvent citées par les experts canadiens comme les plus fortes en S-T, l'Ontario venant au premier rang dans presque tous les sous-domaines. Ces provinces ont également le meilleur résultat pour ce qui est des indicateurs liés aux brevets, ainsi que le plus grand nombre de nouveaux titulaires d'un doctorat par habitant.

Malgré la position dominante des quatre provinces à haute intensité de recherche, plusieurs domaines de spécialisation ont été retrouvés dans d'autres provinces, dont l'agriculture, les pêcheries et la foresterie à l'Île-du-Prince-Édouard et au Manitoba, l'étude de l'histoire au Nouveau-Brunswick, les sciences environnementales et de la Terre à Terre-Neuve-et-Labrador et en Nouvelle-Écosse, de même que la biologie en Saskatchewan. Cette diversité entre les provinces correspond souvent à leurs atouts économiques et façonne les grappes locales et régionales d'innovation.

DOMAINES D'AMÉLIORATION ET DE DÉCLIN EN S-T

La présente évaluation constitue en partie une mise à jour de l'évaluation de l'état de la S-T au Canada effectuée par le CAC en 2006. Les résultats des deux évaluations ne sont pas entièrement comparables, en raison de différences méthodologiques telles que la base de données bibliométriques et le système de classification utilisés dans les deux cas, et à cause de l'enquête internationale auprès des chercheurs les plus cités, absente de l'évaluation de 2006. Néanmoins, le comité a conclu à une réelle amélioration de l'ampleur et de la qualité de la S-T au Canada dans plusieurs domaines, notamment la biologie, la médecine clinique, les TIC, la physique et l'astronomie, la psychologie et les sciences cognitives, la santé publique et les soins de santé, ainsi que les arts visuels et les arts de la scène. Deux des quatre domaines cités comme des atouts dans le rapport de 2006 — les TIC, de même que les sciences de la santé et de la vie — ont connu une amélioration selon la plupart des indicateurs depuis 2006.

Les deux autres domaines cités comme des atouts dans le rapport de 2006 — les ressources naturelles, ainsi que les S-T de l'environnement — n'ont pas connu la même amélioration que la S-T en général au Canada. Dans le système

de classification actuel, ces deux domaines correspondent *grosso modo* aux domaines suivants : agriculture, pêcheries et foresterie; sciences environnementales et de la Terre. Le comité a tenu compte de cette correspondance entre le système de classification actuel et le système de 2006. Il est convaincu que le déclin général dans ces domaines est réel et non un artefact dû aux différentes classifications. Dans ces domaines, la production et l'impact scientifiques ont été stables ou en baisse de 2005 à 2010 par comparaison à la période 1994–2004. Il faut toutefois noter que, même si ces domaines ont connu un déclin par rapport à la S-T en général, les deux demeurent des atouts du Canada : selon les chercheurs les plus cités au monde, le pays se classe au deuxième rang mondial en agriculture, pêcheries et foresterie, et au quatrième rang en sciences environnementales et de la Terre.

DOMAINES EN ÉMERGENCE

Même si des méthodes solides d'identification de domaines émergents de la S-T en sont encore à leurs premiers balbutiements, le comité a fait appel à des techniques bibliométriques innovatrices pour identifier des grappes de recherche et mesurer leur taux de croissance. Les grappes nouvelles et en croissance rapide au Canada sont identifiées par des mots-clés liés en particulier aux domaines suivants : technologies et réseaux sans fil; traitement de l'information et calcul; nanotechnologies; technologies des médias numériques.

Dans une autre mesure des domaines en émergence, des experts canadiens de la S-T ont désigné les domaines suivants comme étant ceux dans lesquels le Canada est bien placé pour devenir un chef de file mondial en matière de développement et d'applications : médecine et soins de santé personnalisés; plusieurs technologies liées à l'énergie; génie tissulaire; médias numériques.

UN PORTRAIT INSTANTANÉ

Ce rapport montre de manière probante que le Canada est très concurrentiel à l'échelle internationale en S-T, avec des atouts particuliers dans au moins six domaines de recherche, plusieurs sous-domaines, ainsi qu'un certain nombre de grappes de recherche en émergence et en croissance rapide.

Même s'il ne donne qu'un portrait de la situation à un moment donné, ce rapport peut éclairer la formulation de politiques et la prise de décisions par les gouvernements, les établissements universitaires et l'industrie en matière de science, de technologie et d'innovation.

Table des matières

Principales abréviations employées dans le rapport	xx
Principaux indicateurs quantitatifs cités dans le rapport.....	xxii
1 Introduction et mandat du comité d'experts.....	1
1.1 Le mandat du comité	3
1.2 Extension du rapport de 2006 sur l'état de la S-T	5
1.3 Structure du rapport	7
2 Méthodologie	8
2.1 Classification des domaines et sous-domaines de recherche	11
2.2 Aperçu des méthodes employées au cours de l'évaluation.....	14
2.3 Contribution de la S-T à l'atteinte d'objectifs économiques et sociaux	23
2.4 Mesure de la recherche dans les domaines des sciences humaines et des arts.....	23
2.5 Conclusions	25
3 Investissements en recherche	26
3.1 Aperçu des dépenses en recherche au Canada	28
3.2 Évolution récente des dépenses en recherche au Canada.....	30
3.3 Dépenses du gouvernement fédéral en R-D.....	34
3.4 Conclusions	35
4 Productivité et impact de la recherche.....	36
4.1 Production de recherche du Canada.....	38
4.2 Impact de la recherche canadienne.....	48
<i>Pleins feux sur la recherche en histoire au Canada.....</i>	<i>52</i>
<i>Pleins feux sur l'astronomie et l'astrophysique</i>	<i>55</i>
4.3 Synthèse sur la production et l'impact de la recherche.....	57
4.4 Comparaison avec le rapport de 2006.....	59
4.5 Conclusions	60
5 Stature et réputation de la S-T canadienne	62
5.1 Enquête internationale auprès des chercheurs les plus cités	64
5.2 Enquête auprès d'experts canadiens de la S-T	73
5.3 Comparaison avec le rapport de 2006.....	76
5.4 Conclusions	77

6	Collaboration, grappes et nouvelles technologies	78
6.1	Contexte de la collaboration internationale en recherche	80
6.2	Collaboration mondiale en recherche	81
6.3	Analyse de grappes d'activités de recherche connexes	86
	<i>Pleins feux sur les sables bitumineux.....</i>	<i>90</i>
6.4	Nouveaux domaines de recherche identifiés par les experts canadiens de la S-T.....	95
	<i>Pleins feux sur la recherche canadienne à propos des cellules souches</i>	<i>97</i>
6.5	Conclusions	98
7	Brevets et mesures connexes	100
7.1	Comparaisons internationales de brevets triadiques	103
7.2	Analyse technométrique des données de l'USPTO	105
	<i>Pleins feux sur les TIC.....</i>	<i>108</i>
7.3	Comparaison avec le rapport de 2006.....	111
7.4	Autres mesures de la commercialisation de la recherche et du développement technologique.....	113
7.5	Conclusions	118
8	Capacités du Canada en S-T.....	119
8.1	Les nouveaux diplômés au Canada.....	120
8.2	Les chercheurs au Canada.....	125
8.3	Circulation du personnel hautement qualifié (PHQ)	127
8.4	Les infrastructures	132
8.5	Comparaison avec le rapport de 2006.....	136
	<i>Pleins feux sur les arts et les médias numériques</i>	<i>136</i>
8.6	Conclusions	138
9	Les atouts régionaux en S-T.....	139
9.1	Investissements en R-D par province	141
9.2	Volume et impact de la recherche par province	145
9.3	Collaboration entre les provinces et territoires.....	152
	<i>Pleins feux sur un exemple de collaboration : Arctic.Net.....</i>	<i>152</i>
9.4	Réputation des provinces canadiennes en S-T	154
9.5	Résultats technométriques par province.....	155
9.6	Diplômés de niveau postsecondaire par province	160
9.7	Comparaison avec le rapport de 2006.....	161
9.8	Conclusions	161

10	Synthèse des résultats	163
10.1	Agriculture, pêcheries et foresterie	166
10.2	Arts visuels et arts de la scène	167
10.3	Biologie.....	167
10.4	Chimie.....	168
10.5	Communication et étude des textes.....	169
10.6	Économie et sciences de la gestion	169
10.7	Environnement construit et design.....	170
10.8	Étude de l'histoire	170
10.9	Génie.....	171
10.10	Mathématiques et statistiques	172
10.11	Médecine clinique	172
10.12	Philosophie et théologie.....	173
10.13	Physique et astronomie.....	173
10.14	Psychologie et sciences cognitives.....	174
10.15	Recherche biomédicale	175
10.16	Santé publique et soins de santé.....	175
10.17	Sciences environnementales et de la Terre	176
10.18	Sciences sociales.....	177
10.19	Technologies de l'information et des communications (TIC)	177
10.20	Technologies habilitantes et stratégiques	178
11	Conclusions	192
11.1	L'état de la S-T au Canada.....	193
11.2	Points forts du Canada en S-T.....	194
11.3	Répartition régionale des atouts en S-T	196
11.4	Domaines d'amélioration et de déclin en S-T	197
11.5	Domaines en émergence	199
11.6	Pour aller plus loin	199
	Références	201

Les appendices 1 à 9 sont accessibles en ligne à l'adresse
www.sciencepourlepublic.ca.

Principales abréviations employées dans le rapport

AUTM	<i>Association of University Technology Managers</i> — Association des gestionnaires de la technologie dans les universités
BPC	Biphényle polychloré
CAC	Conseil des académies canadiennes
CNRC	Conseil national de recherches Canada
CRSH	Conseil de recherches en sciences humaines du Canada
CRSNG	Conseil national de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
CSTI	Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation
DIRD	Dépenses intérieures brutes en recherche-développement
DIRDE	Dépenses intra-muros en recherche-développement des entreprises
DIRDES	Dépenses intra-muros en recherche-développement dans le secteur de l'enseignement supérieur
FCI	Fondation canadienne pour l'innovation
FIRM	Facteur d'impact relatif moyen
ICo	Indice de collaboration
ICr	Indice de croissance
IRSC	Instituts de recherche en santé du Canada
IS	Indice de spécialisation
JPO	Bureau japonais des brevets
MCR	Moyenne des citations relatives
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
PHQ	Personnel hautement qualifié

PI	Propriété intellectuelle
PIB	Produit intérieur brut
PPA	Parité de pouvoir d'achat
RCE	Réseau de centres d'excellence
R-D	Recherche et développement
SHA	Sciences humaines et arts
SIEP	Système d'information sur les étudiants postsecondaires
SPEUC	Système d'information sur le personnel d'enseignement dans les universités et les collèges
S-T	Science et technologie
TIC	Technologies de l'information et des communications
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization</i> — Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
USPTO	<i>United States Patent and Trademark Office</i> — Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis

Principaux indicateurs quantitatifs cités dans le rapport *(par ordre alphabétique)*

Flux de PI — Indicateur servant à évaluer les flux transfrontaliers de propriété intellectuelle. Il mesure la différence entre le nombre de brevets mis au point dans une région donnée et le nombre de brevets actuellement déposés ou détenus dans cette région.

Grappe bibliométrique — Ensemble d'articles de revue connexes par leurs modèles de citation.

Indice de croissance (ICr) — Taux de croissance du nombre de publications d'une période à une autre.

Indice de spécialisation (IS) — Mesure de la concentration des activités de recherche au Canada dans des domaines particuliers, par rapport à d'autres pays. Un IS supérieur à 1,0 signifie que davantage d'articles sont publiés dans ce domaine ou sous-domaine que ce que donnerait la moyenne mondiale. L'IS se calcule pour des articles publiés dans des revues ainsi que pour des brevets.

Moyenne des citations relatives (MCR) — Mesure de la fréquence de citation de publications. Une MCR supérieure à 1,0 signifie que les publications font l'objet de plus de citations que la moyenne mondiale dans le domaine ou sous-domaine de recherche en question (toutes les MCR sont normalisées par domaine de recherche). La MCR se calcule pour des articles publiés dans des revues ainsi que pour des brevets.

Nombre de brevets — Nombre de brevets déposés au Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis (USPTO).

Nombre de publications — Nombre total d'articles revus par des pairs et publiés, par domaine ou sous-domaine de recherche.

L'appendice 1 explique plus en détail les méthodes employées pour calculer chacun de ces indicateurs.

1

Introduction et mandat du comité d'experts

- Le mandat du comité
- Extension du rapport de 2006 sur l'état de la S-T
- Structure du rapport

1 Introduction et mandat du comité d'experts

La prospérité, la stabilité et le bien-être du Canada dans l'économie du XXI^e siècle fondée sur le savoir dépendent de plus en plus de sa capacité à innover — c'est-à-dire à créer de nouvelles connaissances et de nouvelles idées, et à les traduire en biens, services et politiques qui, en plus de produire de la richesse, améliorent les fondements sociaux et la qualité de vie.

Trois éléments généraux caractérisent les sociétés innovatrices : un esprit d'initiative de classe mondiale en science et technologie (S-T); une main-d'œuvre hautement éduquée et qualifiée; un environnement d'affaires et de réglementation ainsi qu'un milieu social qui favorisent l'esprit d'entreprise et la créativité. Le présent rapport aborde principalement le premier de ces éléments. Pour pouvoir prendre des décisions liées à la S-T et à l'innovation, les gouvernements, les établissements universitaires et les entreprises doivent bien comprendre l'état de la S-T au Canada. Dans quels domaines de la S-T le Canada excelle-t-il? Comment le Canada se compare-t-il au reste du monde en matière de S-T? Les atouts du Canada sont-ils concentrés dans des régions précises du pays? Quels sont les atouts émergents du Canada en S-T?

Les réponses à ces questions et à d'autres questions connexes reposent sur des données d'évaluation qui doivent être régulièrement mises à jour, à cause de l'évolution mondiale rapide de la S-T, notamment sa forte expansion dans les économies émergentes et la forte concurrence internationale pour le personnel qualifié. En outre, on a de plus en plus recours à la S-T pour relever des défis de société tels que l'évolution du climat, les pandémies et les changements démographiques.

Des statistiques comparables à l'échelle internationale sur la S-T sont disponibles auprès de sources telles que l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Ces données ne sont toutefois pas assez fines pour dresser un portrait détaillé des atouts du Canada dans des domaines précis de la S-T. Ce rapport vise donc à donner une évaluation exhaustive et à jour de l'état de la S-T au Canada domaine par domaine. Il fait suite au rapport intitulé *L'état de la science et de la technologie au Canada*, publié en 2006 par le Conseil des académies canadiennes (CAC), et il en constitue une mise à jour et une extension. Il complète également le rapport du Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation intitulé *De l'imagination à l'innovation : L'état des lieux en 2010*, qui analysait tous les éléments du système d'innovation du Canada selon un ensemble d'indicateurs, mais qui n'évaluait pas par domaine les atouts du Canada en matière de S-T (CSTI, 2011).

Les conclusions du présent rapport sont fondées sur des données probantes de sources multiples, résultant en bonne partie de recherches menées par le comité

d'experts sur l'état de la science et de la technologie au Canada. Ces données sont présentées dans les chapitres qui exposent les résultats, dans les appendices qui les accompagnent et dans des bases de données disponibles auprès du CAC. Malgré les limites inhérentes à chaque type de données, les conclusions d'ensemble sont exhaustives et cohérentes, et représentent l'un des bilans les plus approfondis jamais effectués de la S-T au Canada.

1.1 LE MANDAT DU COMITÉ

Afin d'obtenir une évaluation à jour de l'état de la S-T au Canada — données probantes sur lesquelles peuvent s'appuyer des décisions à l'échelle nationale, régionale et institutionnelle —, le ministre de l'Industrie (le commanditaire) a posé au CAC la question suivante :

Quel est l'état actuel de la science et de la technologie au Canada?

Le commanditaire a précisé l'orientation des travaux à l'aide de deux sous-questions :

En considérant les domaines de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée, quelles sont les disciplines scientifiques et les applications technologiques dans lesquelles le Canada excelle? Comment ces atouts sont-ils géographiquement répartis dans le pays? Comment ces atouts évoluent-ils par rapport à ce qui se passe dans des pays comparables?

Dans quelles disciplines scientifiques et applications technologiques le Canada a-t-il connu les plus grands progrès ou le plus important déclin au cours des cinq dernières années? Quelles tendances principales sont ressorties? Quelles disciplines scientifiques et applications technologiques pourraient devenir des atouts de premier plan pour le Canada?

Pour répondre à ces questions, le CAC a formé un comité pluridisciplinaire de 18 experts canadiens et étrangers — le comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie au Canada (le comité). Les membres du comité ont été choisis pour leurs compétences et leur expérience. Ils ont fait partie du comité à titre personnel plutôt que comme représentants de leur région ou de leur domaine d'activité. Au cours d'une période de 12 mois, le comité a tenu 4 réunions en personne et s'est également réuni par téléconférence.

Au début du processus d'évaluation, le comité a eu une rencontre avec des représentants d'Industrie Canada, afin de s'assurer qu'il comprenait bien son mandat. À cette occasion, le commanditaire a précisé davantage le mandat du comité :

- Le mandat premier du comité est d'évaluer les atouts actuels du Canada en recherche — et non ses besoins futurs.

- L'évaluation doit porter sur tout le spectre des domaines du génie, des sciences naturelles, des sciences de la santé, des sciences humaines et des arts.
- L'évaluation des atouts du Canada en recherche doit comporter un important élément de comparaison avec des pairs internationaux.
- Le rapport doit porter principalement sur la recherche effectuée dans le secteur de l'enseignement supérieur¹.
- Le soin d'interpréter le sens de « géographiquement répartis dans le pays » doit être laissé à la discrétion du comité. Le comité a choisi les provinces et les territoires comme entités géographiques les plus significatives au Canada.

Pour accomplir son mandat, le comité a élaboré une évaluation exhaustive de l'état de la S-T au Canada, en mettant l'accent sur la recherche effectuée dans le secteur de l'enseignement supérieur et en ajoutant les secteurs des organismes sans but lucratif et des gouvernements. Le rapport fait état des principaux atouts du Canada en S-T, par comparaison à des pairs internationaux, ainsi que de ses atouts à l'échelle provinciale et territoriale (voir dans l'encadré 1.1 les définitions de « S-T » et « atouts en S-T »)

Encadré 1.1 **Définitions**

Le comité a adopté la même définition de « S-T » que dans le rapport de 2006 :

La portée des S-T couvre les disciplines des sciences naturelles (l'étude de la nature), des sciences sociales, des lettres et sciences humaines, des sciences de la santé (l'étude des êtres humains), ainsi que du génie (la création et l'étude d'objets et de systèmes). Notre conception de la S-T englobe la nuée de liens bidirectionnels entre les sciences et la technologie (CAC, 2006).

Le comité a également adopté la même définition des « atouts en S-T » que dans le rapport de 2006 :

Il n'existe pas de mesure simple, unidimensionnelle, de la force du Canada en S-T. La notion est multidimensionnelle en soi et couvre : (a) la qualité de la science et de la technologie au Canada; (b) l'ordre de grandeur ou l'intensité de l'effort canadien dans divers domaines de S-T; (c) l'évolution des facteurs susmentionnés (gagnons-nous ou perdons-nous du terrain?); (d) la mesure dans laquelle nos capacités en S-T peuvent être appliquées efficacement pour atteindre des objectifs sociaux et économiques. Il est impossible d'éviter des jugements qualitatifs qui intègrent de multiples dimensions et facteurs (CAC, 2006).

¹ La recherche-développement effectuée dans le secteur privé constitue le principal objet d'étude du comité d'experts sur l'état de la recherche-développement industrielle au Canada (à paraître en 2013). Pour plus de détails à ce sujet, voir www.sciencepourlepublic.ca.

1.2 EXTENSION DU RAPPORT DE 2006 SUR L'ÉTAT DE LA S-T

En 2006, le CAC a publié un rapport sur l'état de la S-T au Canada. Il s'agissait de la première évaluation du genre et elle a fourni un ensemble exhaustif de données probantes sur les atouts du Canada en S-T. Ce rapport a mis en évidence quatre importants domaines d'excellence du Canada en S-T : les ressources naturelles, les technologies de l'information et des communications (TIC), les sciences de la santé et de la vie, les S-T de l'environnement. Conséquence directe du rapport du CAC, le gouvernement fédéral a désigné ces domaines comme prioritaires dans sa *Stratégie des sciences et de la technologie de 2007* (Industrie Canada, 2007).

Plusieurs leçons ont été apprises à l'occasion de l'évaluation de 2006, qui a été effectuée en seulement 12 semaines pour répondre aux besoins du commanditaire. Les atouts particuliers de ce rapport résidaient dans sa couverture étendue de la S-T, qui englobait les sciences humaines, et dans son approche intégrée de l'évaluation de la S-T au Canada. Cette étude a inclus une enquête d'opinion auprès d'experts canadiens de la S-T, des mesures bibliométriques et technométriques, ainsi qu'un « point de vue de l'étranger » fondé sur des commentaires de sources internationales.

On a également tiré des leçons de l'approche méthodologique adoptée pour l'évaluation de 2006 :

- Les différents systèmes de classification utilisés pour les questions posées dans l'enquête d'opinion et pour l'analyse bibliométrique ont rendu difficiles des comparaisons précises entre les deux outils de mesure.
- Étant donné le peu de temps disponible, l'enquête d'opinion canadienne a été ouverte à tous et largement diffusée par des intermédiaires, de sorte qu'il n'y a eu aucun contrôle sur la nature des répondants et la manière dont ils ont rempli le questionnaire.
- Le « point de vue de l'étranger » a été passablement restreint, puisqu'il reposait sur les intrants de conseillers en S-T postés dans des ambassades canadiennes.

La présente évaluation a une portée (voir l'encadré 1.2) différente de celle de 2006, puisque le comité d'experts a dû se pencher sur les atouts régionaux, mais qu'il n'a eu aucune question explicite sur les infrastructures. De plus, cette évaluation met l'accent sur la recherche effectuée dans le secteur de l'enseignement supérieur, le secteur public et celui des organismes sans but lucratif. La recherche effectuée dans le secteur privé fait l'objet d'une évaluation approfondie par un autre comité du CAC, le comité d'experts sur l'état de la recherche-développement industrielle au Canada. Les deux comités ont des mandats complémentaires et, ensemble, ils auront évalué toute la S-T au Canada. En 2006 le rapport sur l'état de la S-T portait également sur la recherche dans le secteur privé.

Encadré 1.2

Portée du rapport

Le présent rapport :

- fait état de l'ampleur, de la qualité et des tendances de la S-T au Canada à l'aide de multiples méthodes;
- couvre un large spectre de la S-T, dont les sciences naturelles, les sciences de la santé, le génie, les sciences humaines et les arts;
- met l'accent sur la recherche effectuée dans le secteur de l'enseignement supérieur, dans le milieu gouvernemental et les organismes sans but lucratif;
- mesure la S-T canadienne au regard d'autres pays avancés;
- fournit des données probantes exhaustives en vue de la prise de décisions par des gouvernements, des établissements universitaires et divers organismes.

Par contre :

- il ne formule aucune recommandation ni ne plaide pour une politique quelconque;
- il ne fait aucun calcul ni évaluation de « rentabilité »;
- il ne porte pas sur la recherche dans le secteur privé, ni sur le déploiement ou la commercialisation de technologies;
- il n'aborde pas les impacts économiques ou sociaux de la recherche.

Cette nouvelle évaluation vise à exploiter les points forts et les leçons du rapport de 2006. D'une part, le comité a voulu faire en sorte que ses résultats et conclusions soient largement *comparables* à ceux de 2006, afin de faciliter une discussion significative sur l'évolution des atouts du Canada en S-T au cours des six dernières années. D'autre part, le comité souhaitait *améliorer* et *étendre* autant que possible l'étude de 2006. En particulier, en se fondant sur les points forts de l'évaluation de 2006, le comité a été plus explicite dans son interprétation de la S-T et a considéré des indicateurs propres aux sciences humaines et aux arts. Il a également amélioré son approche à plusieurs facettes grâce à de nouvelles méthodes de recherche. Le prochain chapitre décrit les principaux outils de recherche choisis par le comité, et la manière dont ils se comparent avec ceux qui ont été utilisés pour le rapport de 2006.

1.3 STRUCTURE DU RAPPORT

Ce rapport comporte trois grandes parties :

- Le **contexte du rapport** fait l'objet des chapitres 1 à 3. Le chapitre 1 décrit le mandat du comité. Le chapitre 2 expose les méthodes employées et leurs limites. Le chapitre 3 situe le contexte du rapport en ce qui concerne les investissements en recherche.
- Les **résultats et les constatations fondées sur des données probantes** sont présentés dans les chapitres 4 à 9, selon une approche à plusieurs facettes. Le chapitre 4 présente une évaluation bibliométrique de la recherche canadienne. Ces résultats quantitatifs sont complétés par les données qualitatives de deux enquêtes d'opinion présentées au chapitre 5. Le chapitre 6 fait appel à des techniques bibliométriques de pointe pour faire un examen ascendant de la S-T canadienne et décrit les grappes de recherche importantes, à fort impact ou émergentes au Canada. Ce chapitre aborde en outre les modèles de collaboration. Le chapitre 7 donne les résultats d'une analyse technométrique des brevets et autres indicateurs connexes. Le chapitre 8 présente une évaluation des capacités du Canada en matière de S-T, au moyen d'une analyse portant sur le personnel hautement qualifié et les infrastructures de recherche. Finalement, le chapitre 9 aborde la S-T canadienne à l'échelle provinciale.
- Les chapitres 10 et 11 présentent **une synthèse et les conclusions** de l'évaluation. Le chapitre 10 résume les diverses constatations pour chaque domaine, alors que le chapitre 11 répond aux questions posées par le commanditaire et présente les conclusions générales du comité.

2

Méthodologie

- Classification des domaines et sous-domaines de recherche
- Aperçu des méthodes employées au cours de l'évaluation
- Contribution de la S-T à l'atteinte d'objectifs économiques et sociaux
- Mesure de la recherche dans les domaines des sciences humaines et des arts
- Conclusions

2 Méthodologie

Dans son choix des méthodes à employer pour cette évaluation, le comité d'experts a cherché à constituer un ensemble d'approches et d'indicateurs complémentaires permettant d'obtenir de l'information sur divers aspects du système canadien de recherche, notamment ses résultats (p. ex. publications, brevets) et son impact (p. ex. citations, réputation, formation d'étudiants). Le recours à plusieurs méthodes découle du fait que les points forts de la recherche sont fondamentalement complexes et multidimensionnels, et ne peuvent être évalués de manière satisfaisante par une mesure ou un indicateur unique (CAC, 2012; Martin, 1996; voir aussi dans l'encadré 1.1 la définition des « atouts en S-T » adoptée par le comité). La combinaison de données quantitatives (p. ex. bibliométriques) et de l'opinion d'experts est de plus en plus reconnue comme la meilleure approche disponible pour évaluer le rendement scientifique dans plusieurs domaines de recherche (CAC, 2012). Les indicateurs quantitatifs peuvent valider l'opinion des experts, et l'inclusion de l'opinion d'experts assure que les aspects non quantifiables de la recherche sont néanmoins considérés dans l'évaluation (Butler, 2007)².

Le comité a cherché à utiliser une combinaison équilibrée de techniques, dont des méthodes bien acceptées telles que la bibliométrie et les enquêtes d'opinion, et des approches plus nouvelles comme une analyse de grappes bibliométriques. D'une manière générale, le comité a été guidé par le rapport de 2006 sur l'état de la S-T, ainsi que par d'autres rapports semblables produits à l'étranger (voir p. ex. NSB, 2012; Société royale de Londres, 2011; BIS, 2011; Battelle, 2010). Cependant, le présent rapport introduit de nouveaux éléments de recherche et des analyses qui ne figuraient pas dans celui de 2006. La figure 2.1 résume les principales méthodes de recherche utilisées en 2006 et en 2012.

Les sections qui suivent donnent un aperçu des méthodes employées pour la présente évaluation (voir les appendices³ pour plus de détails).

2 Deux exemples importants d'évaluations nationales qui reposent sur ce type de combinaison équilibrée d'opinions d'experts et d'indicateurs quantitatifs sont donnés par le système d'évaluation nationale de la recherche de l'Australie, *Excellence in Research for Australia* (ERA), et par la méthode d'évaluation de la recherche du Royaume-Uni, *Research Excellence Framework* (REF) (voir CAC, 2012; HEFCE, 2011; ARC, 2010).

3 Neuf appendices complètent le présent rapport. Ces appendices sont disponibles sous forme d'un document électronique, téléchargeable sans frais à partir du site Web du CAC : www.sciencepourlepublic.ca.



Figure 2.1

Méthodes de recherche employées pour les rapports de 2006 et de 2012

Cette figure illustre les différences entre les méthodes de recherche employées pour les rapports de 2006 et de 2012. Trois des quatre méthodes employées en 2006 ont été répétées, et plusieurs nouvelles méthodes se sont ajoutées pour le présent rapport. La bibliométrie est l'étude des modèles de publication dans des revues à comité de lecture. « Bibliométrie évoluée » désigne ici l'utilisation de techniques supplémentaires pour l'étude de grappes d'activités de recherche connexes et l'étude de modèles de collaboration. La technométrie est l'analyse de la propriété intellectuelle (c.-à-d. les brevets).

2.1 CLASSIFICATION DES DOMAINES ET SOUS-DOMAINES DE RECHERCHE

Un système commun de classification était nécessaire pour pouvoir intégrer et comparer les résultats obtenus au moyen de diverses méthodes. Le comité a choisi à cette fin un nouveau système de classification mis au point par Science-Metrix⁴ (Archambault *et al.*, 2011), qui comprend 22 domaines de recherche subdivisés en 176 sous-domaines (voir le tableau 2.1). Ce système de classification reflète mieux la situation actuelle que le principal autre système en usage — celui qu'utilise la Fondation nationale des sciences des États-Unis pour ses *Science and Engineering Indicators* (voir p. ex. NSB, 2012) —, qui date maintenant de plusieurs décennies. De plus, le système de Science-Metrix comprend davantage de domaines des sciences humaines et des arts. Cette classification a été utilisée pour toutes les analyses bibliométriques, enquêtes d'opinion et analyses du personnel hautement qualifié (PHQ), mais non pour l'analyse des brevets et les indicateurs connexes, car la structure de la base de données des brevets ne s'y prêtait pas.

Tableau 2.1

Liste des domaines et sous-domaines du système de classification utilisé dans ce rapport

Agriculture, pêcheries et foresterie	Arts et sciences humaines, général*
<ul style="list-style-type: none"> • Agronomie et agriculture • Foresterie • Horticulture • Pêcheries • Sciences animales et laitières • Sciences des aliments • Sciences vétérinaires 	<ul style="list-style-type: none"> • Arts et sciences humaines, général
	Arts visuels et arts de la scène
	<ul style="list-style-type: none"> • Folklore • Histoire, théorie et pratique des arts • Musique • Théâtre et dramaturgie
Biologie	Chimie
<ul style="list-style-type: none"> • Biologie de l'évolution • Biologie marine et hydrobiologie • Biologie végétale et botanique • Écologie • Entomologie • Ornithologie • Zoologie 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimie analytique • Chimie générale • Chimie inorganique et nucléaire • Chimie médicinale et biomoléculaire • Chimie organique • Chimie physique • Polymères
Communication et étude des textes	Économie et sciences de la gestion
<ul style="list-style-type: none"> • Communication et médias • Études littéraires • Langues et linguistique 	<ul style="list-style-type: none"> • Administration et gestion • Comptabilité • Économétrie • Économie et politique de l'agriculture • Études du développement • Économie • Finance • Logistique et transports • Marketing • Relations industrielles • Sport, récréation et tourisme • Théorie économique
Environnement construit et design	
<ul style="list-style-type: none"> • Architecture • Bâtiments et construction • Pratique et gestion du design • Urbanisme et sciences régionales 	

* Les domaines « Science et technologie, général » et « Arts et sciences humaines, général » ont été définis pour permettre de classer des articles publiés dans des revues pluridisciplinaires telles que *Nature* ou *Science*.

suite à la page suivante

4 Science-Metrix est une entreprise canadienne spécialisée en analyse bibliométrique.

Étude de l'histoire <ul style="list-style-type: none"> • Anthropologie • Archéologie • Histoire • Histoire des sciences, de la technologie et de la médecine • Histoire des sciences sociales • Lettres classiques • Paléontologie 	Génie <ul style="list-style-type: none"> • Aérospatiale et aéronautique • Automatisation et génie industriel • Conception et génie automobile • Génie biomédical • Génie chimique • Génie civil • Génie de l'environnement • Génie électrique et électronique • Génie géologique et géomatique • Génie mécanique et des transports • Génie minier et métallurgique • Recherche opérationnelle
Mathématiques et statistiques <ul style="list-style-type: none"> • Mathématiques appliquées • Mathématiques computationnelles et numériques • Mathématiques générales • Statistiques et probabilités 	
Médecine clinique <ul style="list-style-type: none"> • Allergologie • Anesthésiologie • Arthrite et rhumatologie • Chirurgie • Dentisterie • Dermatologie et maladies vénériennes • Endocrinologie et métabolisme • Gastro-entérologie et hépatologie • Gériatrie • Hygiène du travail et de l'environnement • Immunologie • Médecine alternative • Médecine clinique, général • Médecine générale et interne • Médecine légale • Médecine nucléaire et imagerie médicale • Médecine sportive • Médecine tropicale • Neurologie et neurochirurgie • Obstétrique et reproduction • Oncologie • Ophtalmologie et optométrie • Orthopédie • Otorhinolaryngologie • Pathologie • Pédiatrie • Pharmacologie et pharmacie • Psychiatrie • Système cardiovasculaire et hématologie • Système respiratoire • Urgentologie et soins intensifs • Urologie et néphrologie 	
Philosophie et théologie <ul style="list-style-type: none"> • Éthique appliquée • Philosophie • Religions et théologie 	Physique et astronomie <ul style="list-style-type: none"> • Acoustique • Astronomie et astrophysique • Fluides et plasmas • Optique • Physico-chimie • Physique appliquée • Physique des particules et nucléaire • Physique générale • Physique mathématique
Psychologie et sciences cognitives <ul style="list-style-type: none"> • Facteurs humains • Psychanalyse • Psychologie clinique • Psychologie du développement et de l'enfant • Psychologie expérimentale • Psychologie générale et sciences cognitives • Psychologie sociale • Science comportementale et psychologie comparative 	
Santé publique et soins de santé <ul style="list-style-type: none"> • Abus de substances • Épidémiologie • Gériatrie • Orthophonie et audiologie • Politiques et services de santé • Réadaptation • Soins infirmiers • Santé publique • Recherche biomédicale • Anatomie et morphologie • Biochimie et biologie moléculaire • Biologie du développement • Biophysique • Génétique et hérédité • Microbiologie • Microscopie • Mycologie et parasitologie • Nutrition et diététique • Physiologie • Toxicologie • Virologie 	

Science et technologie, général*	Sciences environnementales et de la Terre
<ul style="list-style-type: none"> • Science et technologie, général 	<ul style="list-style-type: none"> • Géochimie et géophysique • Géologie • Météorologie et sciences atmosphériques • Océanographie • Sciences environnementales
Sciences sociales	Technologies de l'information et des communications
<ul style="list-style-type: none"> • Bibliothéconomie et sciences de l'information • Criminologie • Démographie • Droit • Éducation • Étude de genre • Études de la famille • Études des sciences • Géographie • Méthodes des sciences sociales • Relations internationales • Sciences de la culture • Sciences politiques et administration publique • Sociologie • Travail social 	<ul style="list-style-type: none"> • Architecture et matériel informatiques • Génie logiciel • Informatique distribuée • Informatique médicale • Intelligence artificielle et traitement de l'image • Réseautique et télécommunications • Systèmes informatiques • Théorie du calcul informatique
	Technologies habilitantes et stratégiques
	<ul style="list-style-type: none"> • Bio-informatique • Biotechnologie • Énergie • Études stratégiques et de sécurité • Matériaux • Nanoscience et nanotechnologie • Optoélectronique et photonique

* Les domaines « Science et technologie, général » et « Arts et sciences humaines, général » ont été définis pour permettre de classer des articles publiés dans des revues pluridisciplinaires telles que *Nature* ou *Science*.

Limites du système de classification

Tout système de classification des S-T a ses limites, et le système utilisé pour cette évaluation ne fait pas exception. Il a été conçu pour des analyses bibliométriques et ne correspond pas nécessairement à la structure des départements ou des institutions universitaires. À titre d'exemple, le domaine de l'étude de l'histoire comprend les sous-domaines suivants : anthropologie; archéologie; lettres classiques; histoire; histoire des sciences, de la technologie et de la médecine; histoire des sciences sociales; paléontologie. Tous ces sous-domaines font sans conteste partie de l'étude de l'histoire, mais dans une université traditionnelle, ils peuvent être répartis dans diverses facultés des arts, des sciences humaines et des sciences naturelles.

En ce qui concerne la bibliométrie, les articles sont classés dans chacun des 22 domaines de recherche *selon la revue dans laquelle ils sont publiés*, et non selon la nature scientifique précise de la recherche rapportée ou des départements d'affiliation des auteurs. Par exemple, les articles publiés dans le *New England Journal of Medicine* sont classés dans le domaine de la médecine clinique, même s'ils traitent de sciences biomédicales, d'épidémiologie clinique, de santé des populations, de services de santé, d'économie de la santé ou d'histoire de la médecine. Pour situer cet exemple dans un contexte canadien, le domaine de la médecine clinique utilisé dans

la classification est plus vaste que le thème *Recherche clinique* (thème de recherche n° 2) des Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC). Ce thème est limité à la recherche clinique sur des êtres humains et exclut les recherches sur les mécanismes et processus des maladies humaines effectuées dans des cellules, des systèmes ou des modèles animaux sans la participation directe de sujets humains. À cause de ces définitions différentes, le nombre d'articles classés dans ce rapport comme relevant du domaine de la médecine clinique est beaucoup plus élevé que s'il avait correspondu uniquement au thème de recherche n° 2 des IRSC. Nous verrons des exemples semblables dans d'autres disciplines. De tels effets sont inévitables, puisque le système de classification utilisé ici est conçu pour subdiviser en catégories l'ensemble de la production scientifique, et non pour correspondre aux définitions des disciplines ou aux structures institutionnelles d'un pays en particulier. Un tel système de classification est nécessaire pour permettre une comparaison de la recherche canadienne avec celle du reste du monde.

L'autre défi qui ressort inévitablement avec tout système de classification scientifique est celui du traitement de la recherche interdisciplinaire ou pluridisciplinaire. Jusqu'à un certain point, tous ces systèmes de classification ne rendent pas justice à la recherche qui englobe plusieurs domaines, puisqu'une telle recherche chevauche généralement deux ou plusieurs disciplines universitaires traditionnelles. Les chercheurs en bibliométrie connaissent ce problème depuis longtemps, mais il y a eu dans le passé peu de solutions de rechange aux catégories fondées sur les disciplines traditionnelles. Cependant, de nouvelles techniques permettent aux bibliométriciens de définir des grappes d'activités de recherche connexes à partir de facteurs tels que des mots-clés et des citations croisées (Kostoff *et al.*, 2007; Klavans et Boyack, 2010). Même si ces techniques sont encore jusqu'à un certain point expérimentales, elles semblent saisir des modèles de travaux interdisciplinaires. Le chapitre 6 de ce rapport aborde une analyse des activités de recherche canadiennes fondée sur ces techniques.

2.2 APERÇU DES MÉTHODES EMPLOYÉES AU COURS DE L'ÉVALUATION

2.2.1 Analyse bibliométrique

Dans notre contexte, la bibliométrie est l'étude de la répartition de publications scientifiques dans une base de données — plus précisément des articles publiés dans des revues savantes à comité de lecture. De nombreuses analyses de ce type ont été menées dans le passé pour mesurer et comparer le rendement scientifique d'un pays à l'autre. À titre d'exemple, en 2004, le scientifique britannique Sir David King a publié dans la revue *Nature* un article important dans lequel il analysait l'impact scientifique de diverses nations. M. King a utilisé des données sur des articles scientifiques publiés dans des revues à comité de lecture pour en déduire l'importance

et l'impact relatifs de la recherche effectuée dans certains pays. En particulier, il a utilisé la part d'un pays dans le 1 % des articles scientifiques les plus cités comme un indicateur du degré général d'impact associé aux activités de recherche dans ce pays (King, 2004). Même si M. King n'était probablement pas le premier à utiliser des données bibliométriques pour analyser et comparer la recherche à l'échelle internationale, cette étude a beaucoup fait pour promouvoir le recours à des indicateurs bibliométriques, et leur utilisation a grandement augmenté depuis la publication de son article.

De nombreux pays font maintenant des évaluations périodiques de leur activité scientifique en utilisant — du moins en partie — des données bibliométriques. Les États-Unis publient tous les deux ans leurs *Science and Engineering Indicators*, qui comportent une importante compilation de données sur les publications dans divers domaines et dans plusieurs pays (voir p. ex. NSB, 2012). Le ministère des Entreprises, de l'Innovation et des Compétences du Royaume-Uni publie une évaluation biannuelle, fondée sur des données bibliométriques relatives à la recherche effectuée dans le pays (voir p. ex. BIS, 2011). Les Pays-Bas produisent un rapport biannuel qui analyse le rendement des chercheurs établis du pays (NOWT, 2010). La Finlande fait appel à des données bibliométriques dans ses évaluations périodiques intitulées *State and Quality of Scientific Research in Finland* (Académie finlandaise, 2009), et l'Australie utilise des indicateurs bibliométriques dans ses évaluations nationales de la science, *Excellence in Research for Australia* (ERA) (ARC, 2010). Ce ne sont là que quelques exemples. Il est de plus en plus rare que des pays ne fassent pas un suivi et une évaluation périodiques de leur recherche scientifique fondés au moins en partie sur des indicateurs bibliométriques.

L'analyse bibliométrique présente plusieurs avantages importants comme outil d'évaluation de la recherche. Premièrement, ses techniques reposent sur un ensemble bien développé de données quantitatives. La publication dans des revues à comité de lecture est l'une des pierres angulaires de la diffusion de la recherche dans la plupart des disciplines scientifiques et universitaires. Les données bibliométriques constituent donc l'une des rares sources facilement accessibles d'information quantitative sur les activités de recherche permettant de faire des comparaisons entre plusieurs domaines. Deuxièmement, des analyses bibliométriques permettent d'obtenir de l'information sur la *productivité* de la recherche (c'est-à-dire le nombre d'articles produits) et son *impact* (mesuré par les citations). Même si ces mesures posent d'importants problèmes méthodologiques (p. ex. couverture de la base de données par discipline, procédures de normalisation et de regroupement, autocitations, citations négatives, etc.), la plupart des experts en bibliométrie s'entendent sur le fait que, utilisés de manière appropriée, les indicateurs fondés sur des citations peuvent constituer des mesures valides du degré d'impact d'une recherche sur

des travaux scientifiques ultérieurs (Moed (2005) donne une recension de ces types d'indicateurs). Un problème particulièrement important est celui de la normalisation selon les domaines pour tous les indicateurs fondés sur des citations (CAC, 2012; REPP, 2005; Moed, 2005), parce que les habitudes de citation diffèrent selon les domaines de recherche. Par exemple, les articles en recherche biomédicale et en médecine clinique ont tendance à citer un grand nombre d'autres études, alors que dans des domaines tels que les mathématiques et statistiques, il y a en général moins de références (Moed, 2005). Il faut tenir compte des différences entre domaines dans l'élaboration de ces indicateurs. Dans ce rapport, tous les indicateurs fondés sur des citations sont normalisés selon les domaines, et le nombre de citations de la recherche canadienne est comparé au nombre de citations dans le monde uniquement dans le même domaine ou sous-domaine.

Même si le rapport de 2006 faisait également appel à des données bibliométriques, le comité d'experts a choisi pour la présente étude des variables et des techniques nouvelles, ainsi qu'une source différente de données bibliométriques (la base de données *Scopus* d'Elsevier plutôt que la base de données *Web of Science* maintenant tenue par Thomson Reuters), à cause de sa couverture plus complète des sciences humaines. Dans le cadre de cette évaluation, le comité a commandé une analyse bibliométrique exhaustive des tendances concernant les publications au Canada et dans le monde. La firme canadienne Science-Metrix a été choisie par voie de concours pour fournir cette analyse. La recherche effectuée a été de grande envergure. Elle a fait intervenir de nombreux indicateurs bibliométriques différents pour évaluer le rendement scientifique du Canada par rapport à ses pairs internationaux, ainsi que des techniques de pointe telles que l'identification de grappes d'activités de recherche connexes et une analyse des flux migratoires de chercheurs.

Les résultats de la recherche bibliométrique sont présentés dans plusieurs parties du rapport, surtout aux chapitres 4 et 6. Sauf indication contraire, les données, figures et tableaux bibliométriques montrent la position du Canada par rapport à une vingtaine de pays les plus importants par le volume de leur production scientifique, ainsi que par rapport au monde dans son ensemble. L'appendice 1 donne des détails supplémentaires sur la méthodologie bibliométrique, et l'appendice 3 contient des données bibliométriques supplémentaires pour certains pays choisis.

Limites de la bibliométrie

Les limites de la bibliométrie sont de trois ordres. Premièrement, et c'est le plus important, tous les indicateurs bibliométriques sont fondés sur un seul type de résultat de recherche — les articles examinés par des pairs et publiés dans des revues. Cette limite inhérente (qui se fait davantage sentir dans les disciplines où les articles examinés par des pairs ne constituent pas le mode standard de diffusion de la

recherche) est abordée en détail à la section 2.4. Deuxièmement, les résultats d'une analyse bibliométrique dépendent à la fois du système de classification (voir la section 2.1) et de la base de données. Le comité a choisi la base de données *Scopus* à cause de sa couverture plus complète des sciences humaines et des arts par rapport à la principale autre possibilité — la base de données *Web of Science*. Même si la base de données *Scopus* couvre actuellement 19 500 revues⁵, elle ne comprend pas toutes celles qui sont publiées au Canada. Par conséquent, une partie de la production de recherche canadienne est exclue de l'analyse (tout comme une partie de la production de recherche de n'importe quel autre pays n'est pas saisie dans ces bases de données). De plus, même si *Scopus* comporte des revues et publications dans de nombreuses langues, il y a un biais général en faveur des revues en anglais (Archambault *et al.*, 2006). Il se peut donc que les revues en français soient sous-représentées (ce problème a tendance à être plus aigu dans les domaines des sciences humaines et des arts — voir la discussion à la section 2.4). La troisième limite importante vient des contraintes liées à la mise au point des indicateurs eux-mêmes. Les indicateurs qui mesurent l'impact de la recherche sont généralement fondés sur les citations. L'une des mesures bibliométriques les plus instructives est la moyenne des citations relatives (MCR) — où l'impact de la recherche est lié au nombre de fois où elle a été citée, relativement à d'autres recherches dans le même domaine. Mais il faut du temps pour que l'impact d'une recherche se répercute dans de nouvelles citations — à cause du temps nécessaire pour que la nouvelle recherche soit connue et en raison des délais liés au processus de publication. Pour tenir compte de ce fait, on introduit un décalage de deux ans dans le cas des sciences naturelles, des sciences de la santé et du génie (l'analyse de la MCR pour la période de 2005 à 2010 ne porte que sur les articles publiés jusqu'en 2008 inclusivement). Comme les citations mettent plus longtemps à s'accumuler dans les domaines des sciences humaines et des arts, on introduit un décalage de quatre ans pour la recherche dans ces domaines. (L'appendice 1 donne des détails supplémentaires sur la mise au point des indicateurs bibliométriques employés dans cette étude.)

2.2.2 Analyse technométrique

Des statistiques et indicateurs sur les brevets sont à l'heure actuelle couramment utilisés par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et d'autres organismes internationaux pour évaluer et comparer la production en S-T dans plusieurs pays. Le rapport de 2006 sur l'état de la S-T a également fait appel à ces indicateurs pour donner de l'information sur les capacités du Canada à développer de la technologie. Pour obtenir de l'information sur le fonds de brevets et la production de propriété intellectuelle du Canada par rapport à d'autres économies avancées, le comité a commandé une analyse complète des brevets canadiens et étrangers déposés au Bureau des brevets et des marques de

5 <http://www.info.sciverse.com/scopus/scopus-in-detail/facts>.

commerce des États-Unis (USPTO pour *United States Patent and Trademark Office*). Les données de l'USPTO ont été choisies pour cette analyse parce que l'USPTO est sans doute le bureau des brevets le plus important pour les détenteurs canadiens de brevets. (De 2005 à 2010, les Canadiens avaient 18 000 inventions brevetées à l'USPTO, contre seulement 12 000 à l'Office de la propriété intellectuelle du Canada (OPIC).) Le rapport de 2006 avait également fait appel à une technométrie établie à partir des données de l'USPTO, de sorte que l'on peut comparer les résultats des deux rapports.

Science-Metrix a aussi effectué la recherche technométrique et a mis au point des indicateurs technométriques analogues aux indicateurs bibliométriques. Les résultats de l'analyse technométrique sont présentés aux chapitres 7 et 9. L'appendice 7 donne des détails supplémentaires sur la méthodologie de la recherche technométrique.

Limites de la technométrie

Même si elles sont relativement faciles à évaluer de manière quantitative, les données sur les brevets comportent d'importantes limites en tant que mesure de la force en recherche appliquée et développement technologique (NRC (1997) présente une discussion complète de ces limites). Une faiblesse majeure vient de ce que tous les types de développement technologique ne sont pas nécessairement brevetables. Certains, par exemple le développement de logiciels, sont plutôt assujettis au droit d'auteur. Cela est particulièrement vrai dans les domaines de recherche où la réalisation de logiciels constitue un aspect important, par exemple en informatique ou dans les médias numériques. Même lorsqu'il est possible de déposer un brevet pour commercialiser et protéger la propriété intellectuelle (PI), les inventions ne sont pas toutes brevetées. Certaines sont protégées autrement, et des entreprises peuvent chercher à valoriser leurs inventions en exploitant leur avance et des stratégies de commercialisation plutôt qu'en protégeant la PI. À l'autre extrémité du spectre, certaines organisations déposent des brevets uniquement pour empêcher des concurrents de poursuivre certaines recherches. Ces facteurs ajoutent de l'incertitude à l'interprétation des données sur les brevets — d'où la nécessité de les utiliser avec précaution comme indicateurs de points forts en S-T. Cependant, la faiblesse la plus importante des indicateurs relatifs aux brevets et à la propriété intellectuelle vient peut-être de ce qu'ils ne représentent qu'un aspect du processus plus vaste de commercialisation de la recherche, de développement technologique et d'adoption de meilleures pratiques. Ils ne reflètent pas nécessairement l'ampleur de la recherche et du développement qui ont donné lieu à une technologie donnée, ni les activités requises en aval pour mettre une nouvelle technologie sur le marché. De plus, les brevets ont tous une valeur commerciale différente. Étant donné ces limites, les indicateurs fondés sur les brevets ne doivent en aucun cas être considérés comme une mesure de *tous* les aspects de la R-D appliquée et de la commercialisation de la technologie. Ils demeurent néanmoins une mesure utile et

instructive d'au moins un type de résultat de R-D appliquée, et jettent un certain éclairage sur les domaines du développement technologique où les institutions canadiennes sont les plus actives. Les indicateurs fondés sur les brevets permettent en outre une comparaison internationale des résultats. De nouvelles méthodes font leur apparition, par exemple l'examen de mots-clés dans les titres d'ouvrages de technologie (Alexopoulos et Cohen, 2010), mais le comité a estimé qu'à ce stade ses objectifs étaient mieux servis par des outils existants d'analyse technométrique et bibliométrique.

2.2.3 Enquêtes d'opinion

Les indicateurs quantitatifs décrits plus haut ne donnent pas d'information sur la gamme totale des activités et des forces canadiennes en S-T. Afin de compléter ces indicateurs, le comité a également commandé deux enquêtes à grande échelle afin de recueillir l'opinion de chercheurs canadiens et étrangers sur l'état de la S-T canadienne.

Enquête auprès d'experts canadiens de la S-T

Pour le rapport de 2006, une grande part de la collecte de données a consisté à mener une enquête auprès d'experts canadiens de la S-T, afin de connaître leur perception des forces et des faiblesses de la recherche canadienne. Pour pouvoir faire des comparaisons, le comité a décidé de répéter cette enquête, mais avec trois changements importants :

- L'invitation à participer à l'enquête a été envoyée uniquement à un groupe choisi de répondants ciblés⁶, plutôt que sous forme d'invitation ouverte comme pour l'évaluation de 2006. Ce changement visait à faire en sorte que les répondants à l'enquête soient réellement des experts de la S-T canadienne.
- Afin de permettre des comparaisons avec les analyses bibliométriques, l'enquête a été fondée sur la classification des domaines et sous-domaines scientifiques fournie par Science-Matrix (voir le tableau 2.1).
- Une question ajoutée à l'enquête demandait aux répondants d'indiquer les domaines constituant les points forts des provinces, afin d'aborder directement l'aspect de la répartition géographique des atouts du Canada en S-T.

Dans cette enquête, le rendement du Canada a été mesuré au regard d'autres pays avancés.

6 L'appendice 6 donne plus de détails à ce sujet. Les répondants choisis comprenaient des membres de la Société royale du Canada, de l'Académie canadienne du génie, de l'Académie canadienne des sciences de la santé, ainsi que des titulaires de chaires de recherche du Canada, des gestionnaires en transfert de technologie, des scientifiques éminents des gouvernements fédéral et provinciaux, etc.

Enquête internationale auprès des chercheurs les plus cités

Afin d'obtenir l'opinion d'experts mondiaux sur les atouts du Canada en S-T, le comité a mené une enquête auprès des auteurs les plus cités au monde parmi ceux qui ont publié des articles dans des revues à comité de lecture. Il s'agit d'un ajout par rapport à l'évaluation de 2006.

Avec l'aide de Science-Metrix, le comité a identifié le 1 % supérieur des articles les plus cités dans chaque domaine de recherche (en utilisant le même système de classification que pour l'étude bibliométrique — voir le tableau 2.1) de 2000 à 2008. Pour cinq domaines — environnement construit et design, étude de l'histoire, arts visuels et arts de la scène, philosophie et théologie, communication et étude des textes — le 1 % supérieur ne donnait pas un échantillon de taille suffisante. Dans ces domaines, l'échantillon a donc été étendu aux 5 % supérieurs des articles les plus cités. Cet exercice a produit une liste initiale de plus de 72 000 articles de recherche souvent cités, portant sur tous les domaines et dont les auteurs sont de partout dans le monde. Après avoir éliminé les adresses de courriel en double, on a obtenu une population cible de 53 954 auteurs souvent cités, que le comité a invités (par courriel) à participer à une enquête en ligne (en tenant compte des messages non acheminés, l'enquête est parvenue à 44 868 adresses de courriel). Les invitations ont été envoyées en août et septembre 2011. En plus des données sur le répondant, le questionnaire comportait quatre courtes questions et était conçu pour prendre moins de cinq minutes à remplir. On demandait à chaque répondant : (a) d'indiquer son domaine et sous-domaine de recherche; (b) de nommer les cinq premiers pays au monde dans son sous-domaine de recherche; (c) d'évaluer la force d'ensemble du Canada en recherche dans son sous-domaine; (d) de nommer toute installation ou tout programme de recherche dans son domaine situés au Canada et de classe mondiale.

Le comité a choisi EKOS Research Associates inc., l'entreprise d'études de marché et d'enquêtes d'opinion qui avait aidé le CAC à administrer l'enquête de 2006 auprès d'experts canadiens, pour administrer les deux enquêtes d'opinion. La discussion du chapitre 5 sur la réputation et la stature de la recherche canadienne est fondée sur les principaux résultats de ces enquêtes. Les données sur les domaines émergents sont présentées au chapitre 6, celles sur les infrastructures au chapitre 8, et les résultats par province au chapitre 9. Les appendices 5 et 6 présentent des détails méthodologiques et données supplémentaires de ces enquêtes, y compris le texte complet des questionnaires.

Dans ces enquêtes, le rang du Canada est donné par rapport au monde entier, et la mesure de ses points forts par rapport à d'autres pays avancés.

Limites des enquêtes d'opinion

L'utilisation d'enquêtes d'opinion comporte de manière générale des limites. La plus importante vient de ce que leurs résultats reposent entièrement sur l'opinion des répondants. Comme on l'a fait remarquer dans le rapport de 2006 sur l'état de la S-T, on a beaucoup de raisons de croire que les perceptions d'experts obtenues dans ces enquêtes donnent une bonne idée des capacités du Canada en S-T (CAC, 2006). Mais il y a aussi un risque que les réponses soient faussées par un certain nombre de biais⁷. Il est possible de contrôler certains de ces biais — par exemple, dans l'analyse des données de l'enquête internationale pour cette étude, les résultats ont été pondérés par pays des répondants, afin d'éliminer le biais potentiel d'une surreprésentation d'un pays ou d'une région dans les réponses. Par contre, d'autres biais sont moins apparents. Il peut ne pas y avoir une compréhension commune de la définition d'un domaine de recherche donné, ou des répondants peuvent évaluer les capacités du Canada à partir de données anecdotiques ou d'expériences personnelles avec des établissements ou des collaborateurs en particulier. Il se peut aussi que les réponses aux questions sur la place du Canada dans la recherche soient principalement fondées sur les impressions (plus ou moins fiables) des répondants plutôt que sur une connaissance précise.

Il y a d'autre part des limites spécifiques liées au nombre de répondants aux enquêtes d'opinion menées dans le cadre de cette évaluation. Même si plus de 5000 chercheurs parmi les plus cités au monde ont répondu à l'enquête internationale, les domaines ont été couverts de façon inégale. Le nombre de réponses a été faible dans certains cas, notamment dans les domaines des arts et des sciences humaines. Par conséquent, les données relatives à ces domaines doivent être interprétées avec précaution. Cette limite vaut également pour de nombreux domaines et sous-domaines dans l'enquête canadienne, pour laquelle le nombre de répondants a été plus faible.

Enfin, une autre limite importante de l'enquête canadienne vient de la modification du protocole d'échantillonnage, de sorte que les résultats de cette enquête ne sont pas tout à fait comparables avec ceux obtenus en 2006. Pour l'évaluation de 2006, l'échantillonnage était ouvert et il n'y avait aucune restriction quand aux répondants à l'enquête. Par contre, dans le cas présent, le questionnaire a été distribué à un groupe choisi de répondants, afin de réduire le risque d'autosélection. Cela rend l'enquête plus rigoureuse et généralement plus fiable, mais ses résultats ne sont pas directement comparables à ceux de 2006. Il faut avoir cette limite à l'esprit lorsque l'on déduit des éléments de comparaisons entre les données des deux études.

7 Les biais couramment associés à une enquête d'opinion comprennent le biais d'autosélection (la population des répondants est biaisée par une prédisposition à participer à l'enquête) et les biais liés à la conception de l'enquête et à l'ordre des questions.

2.2.4 Capacité de recherche — Analyse du personnel hautement qualifié

Le comité a reconnu l'importance d'une analyse des facteurs liés à la *capacité* du Canada d'être un chef de file mondial en matière de recherche scientifique et de développement technologique : infrastructures et installations de recherche, évolution de la population de professeurs et d'étudiants chercheurs au Canada, degré de collaboration entre chercheurs au Canada et à l'étranger, flux migratoires de chercheurs entre le Canada et d'autres pays. De telles analyses n'ont pas été effectuées en 2006, mais elles ont été entreprises dans le cadre d'études semblables dans d'autres pays (voir p. ex. BIS, 2011).

Pour effectuer ces analyses, le comité a utilisé des données de diverses sources. Dans certains cas, il s'agit de données bibliométriques : par exemple, des données sur les articles écrits par plusieurs auteurs ont servi à analyser les tendances en matière de recherche en collaboration, et les changements d'affiliation des chercheurs détectés dans les bases de données bibliométriques ont permis d'analyser les flux migratoires de chercheurs entre le Canada et d'autres pays. Dans d'autres cas, le comité a analysé des données et des statistiques existantes provenant de sources telles que l'OCDE et Statistique Canada. Des données sur la formation des étudiants et les professeurs chercheurs au Canada ont été tirées du Système d'information sur les étudiants postsecondaires (SIEP) et du Système d'information sur le personnel d'enseignement dans les universités et les collèges (SPEUC) de Statistique Canada. Elles ont permis au comité d'analyser par domaine les enseignants et les chercheurs au Canada, ainsi que les diplômés des établissements canadiens d'enseignement postsecondaire. Les données de toutes ces sources ont permis d'analyser les déterminants de la capacité de recherche à l'échelle nationale et provinciale (ou régionale). Les résultats de ces analyses sont rapportés aux chapitres 8 et 9, et l'appendice 8 contient les tableaux de données correspondants.

Les comparaisons internationales portant sur le PHQ varient selon le type d'analyse, mais elles concernent le plus souvent les pays de l'OCDE.

Limites de l'analyse du personnel hautement qualifié

L'analyse du personnel hautement qualifié présentée ici est fondée principalement sur des sources de Statistique Canada. Ces sources peuvent ne pas être toujours comparables à celles d'autres pays ou aux données de l'OCDE. Pour une description de l'exactitude générale et des limites de ces sources de données, voir Statistique Canada (2011a, 2011b). De plus, les données de Statistique Canada ont été transcodées pour correspondre à l'ontologie des disciplines de Science-Metrix utilisée dans le reste de l'étude. Un tel transcodage dépend inévitablement de jugements ponctuels sur l'affectation des disciplines. L'appendice 8 donne la correspondance complète entre la classification des disciplines de Statistique Canada et celle qui a été utilisée dans la présente étude.

2.3 CONTRIBUTION DE LA S-T À L'ATTEINTE D'OBJECTIFS ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX

Les méthodes employées dans cette évaluation présentent de nombreux avantages. Pour ce qui est de la définition des atouts en S-T (voir l'encadré 1.1), elles permettent d'évaluer la qualité et l'ampleur de la S-T canadienne, ainsi que l'évolution de ces facteurs. Par contre, elles ne permettent pas d'évaluer le dernier élément de la définition, à savoir « la mesure dans laquelle nos capacités en S-T peuvent être appliquées efficacement pour atteindre des objectifs sociaux et économiques » (CAC, 2006) — autrement dit les répercussions de la S-T canadienne sur la société. Presque tous les domaines de la S-T visent dans une certaine mesure à avoir des effets sur le plan politique, économique ou social. Aucune des méthodes de recherche utilisées par le comité d'experts n'analyse directement ces types d'effets de la recherche. Cela est particulièrement problématique dans certains domaines des sciences sociales, où la recherche peut souvent viser directement à orienter les politiques publiques ou à améliorer les services à la collectivité. Il existe des méthodes qui permettent d'évaluer ces types d'effets (voir p. ex. ACSS, 2009), mais aucune n'était applicable dans le contexte des travaux du comité, qui mettaient l'accent sur les comparaisons internationales du rendement de la recherche dans plusieurs domaines. Une étude exhaustive et permettant des comparaisons internationales de ce type de répercussions serait une entreprise énorme. Le comité reconnaît la valeur de ce type d'analyse, mais ses moyens ne lui permettaient pas de l'appliquer dans tous les domaines de recherche.

2.4 MESURE DE LA RECHERCHE DANS LES DOMAINES DES SCIENCES HUMAINES ET DES ARTS

Le comité a pris très au sérieux les commentaires selon lesquels le rapport de 2006 sur l'état de la S-T n'avait pas tenu compte adéquatement des circonstances particulières de la recherche en sciences humaines et en arts (SHA), notamment celles qui rendent les indicateurs bibliométriques moins pertinents. Alors que les articles examinés par des pairs constituent le principal moyen de diffusion de nouvelles connaissances en sciences naturelles, en sciences de la santé et en génie, ce n'est pas le cas en SHA, où les livres et chapitres de livre (qui ne sont pas inclus dans les bases de données bibliométriques) sont un moyen courant, et souvent plus prestigieux, de diffusion des connaissances. La bibliométrie est donc un moyen de mesure imparfait dans ces domaines (même si, jusqu'à un certain point, les progrès de la recherche bibliométrique, ainsi que des améliorations aux bases de données, font en sorte que la recherche, en particulier en sciences sociales, est mieux servie que dans le passé).

Un autre facteur qui complique l'analyse des données bibliométriques dans les domaines des SHA est la couverture limitée des revues canadiennes. Alors que

les chercheurs dans d'autres domaines choisissent la meilleure revue possible au monde pour publier leurs recherches, les spécialistes des SHA préfèrent souvent les revues canadiennes à cause de l'intérêt local de la recherche. Par exemple, dans un domaine tel que l'histoire du Canada, une grande partie de la discussion est propre au pays et d'un intérêt limité pour les publics étrangers. Sur les quelque 170 revues savantes qui bénéficient du Programme d'aide aux revues savantes du Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH), seulement 70 sont saisies dans la base de données *Scopus* qui a servi à l'analyse bibliométrique dans le cadre de cette évaluation. Même si ce nombre est plus élevé que dans la base de données *Web of Science*, il n'en demeure pas moins que les articles publiés dans plus de la moitié de ces revues canadiennes sont exclus de l'analyse bibliométrique.

Une analyse des revues manquantes révèle un autre problème : les revues canadiennes de langue française brillent par leur absence dans la base de données *Scopus*. Cela pose moins de problème en sciences naturelles, en sciences de la santé et en génie, où l'anglais tend à être la langue internationale de communication. Par contre, en SHA, les chercheurs peuvent décider de publier leurs travaux en français, mais les bases de données bibliométriques favorisent généralement les publications en anglais. Par ailleurs, ce biais peut jouer en faveur de la recherche canadienne en SHA sur le plan bibliométrique par comparaison aux pays où l'anglais n'est pas une langue officielle.

Les mesures bibliométriques conviennent encore moins dans le cas des arts visuels et arts de la scène. Pour de nombreux chercheurs en arts ou en design, les résultats de leurs travaux sont validés par la circulation et l'adoption de la pratique qui en résulte, sous forme d'expositions, de performances, d'applications, ou encore de logiciels ou d'œuvres sur support numérique. Ce fait est largement admis par les organismes canadiens et étrangers qui évaluent la recherche liée aux arts. Par exemple, en Europe, le processus de Bologne, qui a mis au point des exercices d'assurance-qualité et d'évaluation de la recherche nationale (Kubikowski, 2011), reconnaît que les pratiques et leur circulation font partie de l'excellence en recherche. C'est aussi le cas du CRSH, qui reconnaît en outre « toute activité ou démarche de recherche formant une composante essentielle d'un processus de création ou d'une discipline artistique et favorisant directement la création d'œuvres littéraires ou artistiques » (Archambault *et al.*, 2007). De plus, dans les universités canadiennes et étrangères, l'évaluation des professeurs en vue de la permanence et de promotions est fondée sur les publications ainsi que sur les œuvres créées.

Un autre problème dans le domaine des arts est la définition de ce qui constitue un canal de diffusion valable. Même si des chercheurs peuvent choisir de publier les résultats de leurs recherches dans des revues à comité de lecture ou dans des livres,

l'une des caractéristiques de l'art contemporain, du design et des médias numériques est la tendance à créer de nouvelles catégories, pratiques et canaux de diffusion. Par exemple, il y a une tension entre un contexte d'animation par des pairs, qui donne de la valeur à la création de canaux de publication dynamiques et interactifs, et celui des pratiques bibliométriques, qui défavorise de tels canaux au profit de la longévité et de la stabilité. D'autre part, peu d'associations savantes dans les domaines du design, des beaux-arts, des arts de la scène et des médias numériques réglementent une hiérarchie de canaux de publication. Par conséquent, tout en demeurant valide, la bibliométrie ne peut saisir qu'une petite fraction de l'ensemble des activités et résultats qui devraient être pris en considération dans ces domaines.

Même si le comité d'experts estime que la plupart des autres activités de collecte de données menées dans le cadre de cette évaluation sont aussi valables quel que soit le domaine, les limites de la bibliométrie ont amené le comité à rechercher, dans le cas des SHA, des indicateurs d'impact qui seraient équivalents à la bibliométrie et qui mesureraient la diffusion de connaissances dans des livres, des chapitres de livre, des prix internationaux, des expositions et d'autres formes de production artistique (p. ex. théâtre, cinéma, etc.). Cependant, malgré les efforts considérables déployés pour rassembler de l'information, le comité a constaté que les données sont dispersées et les méthodes pour les recueillir non fiables, de sorte qu'il n'a pas pu tirer de conclusions à partir des données obtenues. En bref, les données disponibles à propos des extrants propres aux SHA n'avaient pas la qualité et la rigueur des autres données recueillies pour produire ce rapport. Par conséquent, le comité n'en a pas tenu compte dans ses délibérations.

Malgré les limites de la bibliométrie dans les domaines des SHA, le comité a utilisé les données bibliométriques disponibles, ainsi que l'enquête et d'autres données, pour tirer des conclusions sur les points forts du Canada dans ces disciplines.

2.5 CONCLUSIONS

L'approche à plusieurs facettes utilisée dans cette évaluation constitue une méthode détaillée et complète d'évaluation de l'ampleur, de la qualité et de l'évolution de la S-T au Canada par rapport à d'autres pays avancés. Chaque facette a ses forces et ses faiblesses, et certaines peuvent être plus efficaces comme outils de mesure dans des domaines précis. Mais collectivement, les approches adoptées donnent l'une des évaluations de la S-T canadienne les plus exhaustives jamais effectuées.

3

Investissements en recherche

- Aperçu des dépenses en recherche au Canada
- Évolution récente des dépenses en recherche au Canada
- Dépenses du gouvernement fédéral en R-D
- Conclusions

3 Investissements en recherche

Ce rapport vise d'abord et avant tout à présenter une évaluation des atouts du Canada en S-T. Les comparaisons internationales de niveaux d'investissement ne constituent pas en soi une mesure des atouts en S-T, mais ces atouts ne se développent pas sans des investissements constants. S-T et R-D ne sont pas synonymes, le concept de S-T étant plus vaste. Ce chapitre ne fait cependant pas état des dépenses en S-T, mais plutôt des dépenses en R-D, car celles-ci sont les plus utilisées pour des fins de comparaisons internationales (voir l'encadré 3.1). Dans le but de fournir un contexte pour la suite du rapport, ce chapitre présente donc les principales tendances en matière d'investissement en R-D au Canada. Ces données sont périodiquement révisées dans un certain nombre de sources, dont diverses publications de Statistique Canada (voir p. ex. Statistique Canada, 2012a), des publications de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (voir p. ex. OCDE, 2011a), ainsi que les rapports biannuels produits par le Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation du Canada (CSTI) sur l'état de la nation (CSTI, 2009, 2011).

Encadré 3.1

Définitions des indicateurs de dépenses en R-D

Le comité a utilisé des données de l'OCDE et de Statistique Canada sur les dépenses en R-D au Canada et à l'étranger :

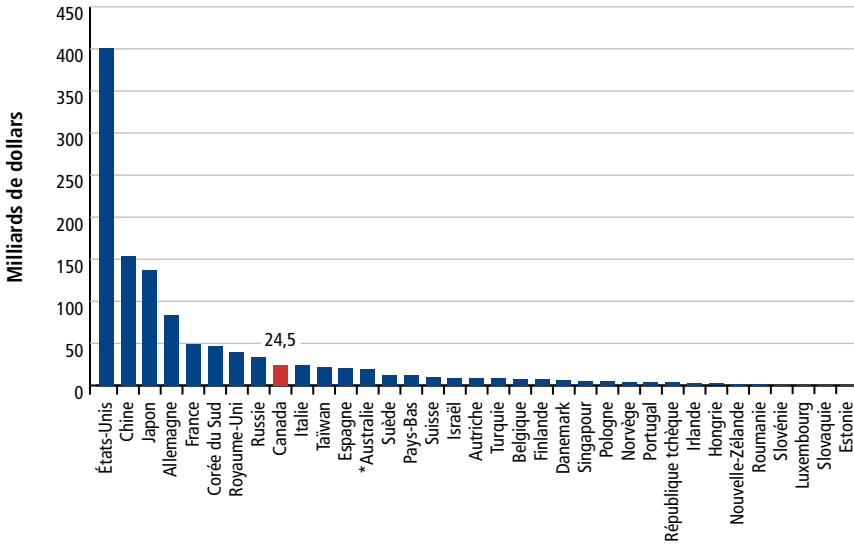
- Les investissements totaux en R-D au pays sont donnés par la dépense intérieure brute en recherche-développement (DIRD).
- La R-D effectuée dans le secteur privé est mesurée par les dépenses intra-muros en recherche-développement des entreprises (DIRDE).
- La R-D effectuée dans le secteur de l'enseignement supérieur est mesurée par les dépenses intra-muros en recherche-développement dans le secteur de l'enseignement supérieur (DIRDES).

(OCDE, 2011a)

Les DIRDE et les DIRDES portent sur la R-D effectuée dans ces secteurs plutôt que financée par ces secteurs. À titre d'exemple, le financement des DIRDES provient de plusieurs sources, dont les gouvernements, les entreprises et le secteur de l'enseignement supérieur lui-même. Ces statistiques sont recueillies et rapportées conformément aux définitions et lignes directrices de l'OCDE publiées dans le *Manuel de Frascati* (OCDE, 2002).

3.1 APERÇU DES DÉPENSES EN RECHERCHE AU CANADA

Le niveau total des investissements en R-D au Canada est aujourd'hui inférieur à ce que le CAC a mentionné dans son rapport de 2006 intitulé *L'état de la science et de la technologie au Canada*. Comme le montre la figure 3.1, en chiffres absolus, le Canada se classe au neuvième rang mondial pour les dépenses intérieures brutes en R-D (DIRD).



Remarques : *Données de 2008; les montants sont ajustés selon la parité de pouvoir d'achat (PPA).
Source des données : OCDE, 2010

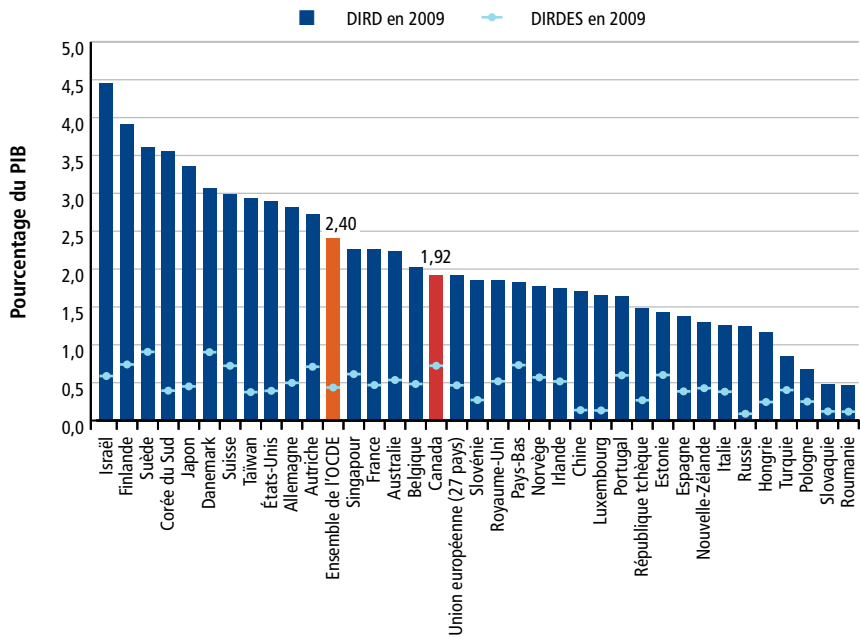
Figure 3.1

Dépenses intérieures brutes en R-D (DIRD) en 2009 (milliards de dollars de la PPA actuelle)

Cependant, lorsque les dépenses en R-D sont exprimées en pourcentage du produit intérieur brut (PIB) (voir la figure 3.2), le niveau d'investissement du Canada en R-D est inférieur à la moyenne de l'OCDE⁸, et très inférieur à ce qu'il est dans des pays tels qu'Israël, la Finlande et la Suède (tous trois investissent plus de 3,5 % de leur PIB pour soutenir la recherche et le développement). Par contre, la proportion du PIB investie par le Canada en R-D dépasse la moyenne des 27 pays de l'Union européenne, ainsi que plusieurs pays plus peuplés que le Canada et certains chefs de file mondiaux en S-T tels que le Royaume-Uni. Les dépenses canadiennes en R-D ne sont pas réparties également dans le pays : près de la moitié sont concentrées en

8 Dans de nombreux pays, la défense compte pour une grande part de la DIRD. Ce n'est pas le cas au Canada.

Ontario, et quatre provinces — l’Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l’Alberta — totalisent 92 % de toutes les dépenses en R-D au pays. Les différences entre les provinces sont abordées au chapitre 9.



Remarque : DIRDES = dépenses intra-muros en R-D dans le secteur de l’enseignement supérieur
 Source des données : OCDE, 2010

Figure 3.2

Dépenses intérieures brutes en R-D (DIRD) en 2009 dans certains pays, en pourcentage du PIB

Par rapport aux autres pays, le Canada se distingue entre autres par le fait que ses dépenses en R-D sont plus concentrées dans le secteur de l’enseignement supérieur. Les dépenses intra-muros en recherche-développement dans le secteur de l’enseignement supérieur (DIRDES) y sont élevées, comme dans les pays nordiques, Israël et les Pays-Bas (voir la figure 3.2). En 2009, elles ont représenté environ 38 % de toutes les dépenses en R-D au Canada (Statistique Canada, 2012a). Par comparaison, le secteur de l’enseignement supérieur ne compte en moyenne que pour 18 % des dépenses totales en R-D des pays de l’OCDE, et 14 % aux États-Unis.

Le corollaire de ce qui précède est que les dépenses intra-muros en recherche-développement des entreprises comptent pour une part relativement faible des investissements canadiens en R-D. En 2009, les entreprises ont fait 52 % des dépenses canadiennes en R-D, contre 67 % en moyenne pour les pays de l'OCDE. Ces tendances du rendement canadien en R-D ont fait l'objet de nombreuses discussions au cours des dernières années (CSTI, 2009, 2011; CAC, 2009; Industrie Canada, 2011b).

La part des entreprises dans la R-D canadienne a baissé à environ 50 % de 2006 à 2009. Comme les pays où cette proportion est inférieure à 50 % ont tendance à avoir une économie petite ou en développement, le fait de franchir cette limite est une source de préoccupation pour le Canada. Cependant, selon des estimations préliminaires, la part des entreprises dans la R-D canadienne a augmenté en 2011 (Statistique Canada, 2012a).

Le niveau relativement faible des investissements du secteur privé en S-T au Canada est reconnu comme une cause importante de la faible croissance de la productivité canadienne par rapport à de nombreux autres pays (en particulier les États-Unis). À titre d'exemple, dans son évaluation de l'innovation et des stratégies d'entreprise, le CAC a abordé en détail ce sujet et ses conséquences sur la productivité canadienne (CAC, 2009).

3.2 ÉVOLUTION RÉCENTE DES DÉPENSES EN RECHERCHE AU CANADA

En examinant plus attentivement l'évolution des dépenses en R-D au Canada, on constate que celles-ci ont diminué en termes réels de 2006 à 2010, en raison surtout du déclin de la recherche dans le secteur privé. Au cours de la même période de cinq ans, les dépenses en R-D des gouvernements et du secteur de l'enseignement supérieur ont légèrement augmenté (respectivement de 4,5 et de 7,1 %), alors qu'elles ont diminué de 17 % dans les entreprises (voir la figure 3.3). Cette baisse peut être attribuée en grande partie aux malheurs et à la faillite de Nortel Networks Corporation, qui a été pendant de nombreuses années l'une des premières entreprises canadiennes pour ses dépenses en R-D. En 2008 et 2009 seulement, les dépenses totales de Nortel en R-D ont diminué de 48 %, passant de près de 1,7 milliard de dollars à environ 865 millions (Research Infosource, 2010), ce qui a eu un impact significatif sur le Canada. Même si les dépenses en R-D d'autres entreprises canadiennes, notamment Research In Motion, ont partiellement compensé la diminution chez Nortel, la tendance générale est demeurée à la baisse.

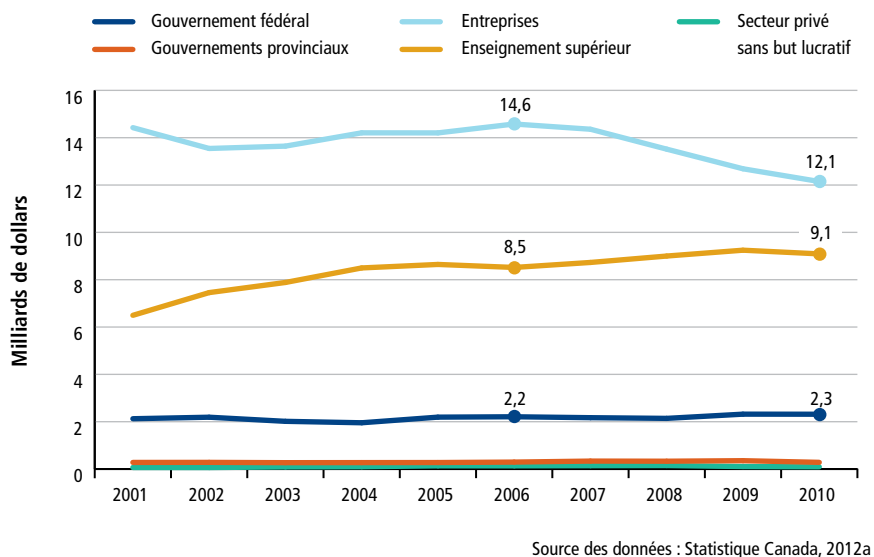


Figure 3.3

Dépenses en R-D par secteur au Canada, de 2001 à 2010 (en dollars constants de 2002)

Le Canada est le seul pays de l'OCDE à avoir connu une diminution nette (de plus de 6 %) de ses dépenses en R-D de 2005 à 2010 (voir la figure 3.4). Le Japon et les Pays-Bas ont également connu des diminutions au cours de certaines années de la même période. Par contre, les dépenses totales en R-D ont augmenté en moyenne de 17,4 % dans l'ensemble de l'OCDE. Cette augmentation demeure toutefois modeste par comparaison à la croissance record dans certains pays, par exemple la Chine, au cours de la même période. Les dépenses totales en R-D ont plus que doublé en Chine, avec un taux annuel d'augmentation d'environ 19 %.

Les figures 3.5 et 3.6 présentent la croissance des dépenses en R-D dans le secteur privé et dans le secteur de l'enseignement supérieur de 2005 à 2010. Ces chiffres montrent clairement que le déclin de l'activité de R-D dans le secteur privé constitue la principale source de la tendance générale négative au Canada. Les dépenses en R-D ont modestement augmenté de 2005 à 2010 dans le secteur de l'enseignement supérieur, mais cette augmentation est faible par rapport à ce qu'elle a été dans d'autres pays. Dans le secteur privé, la croissance des dépenses en R-D au Canada a été négative — la plus basse de tous les pays pour lesquels l'OCDE possède des données.

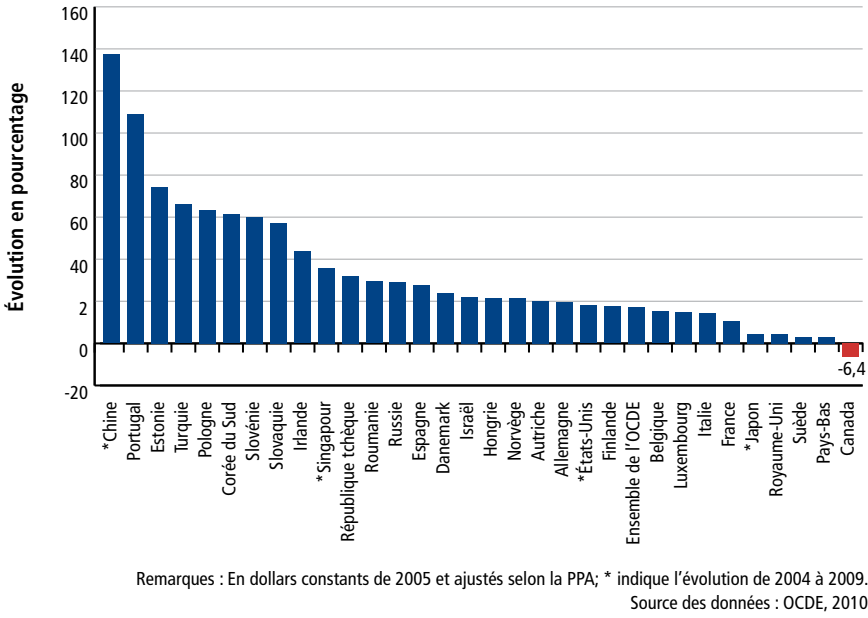


Figure 3.4
Évolution en pourcentage des DIRD dans certains pays, de 2005 à 2010

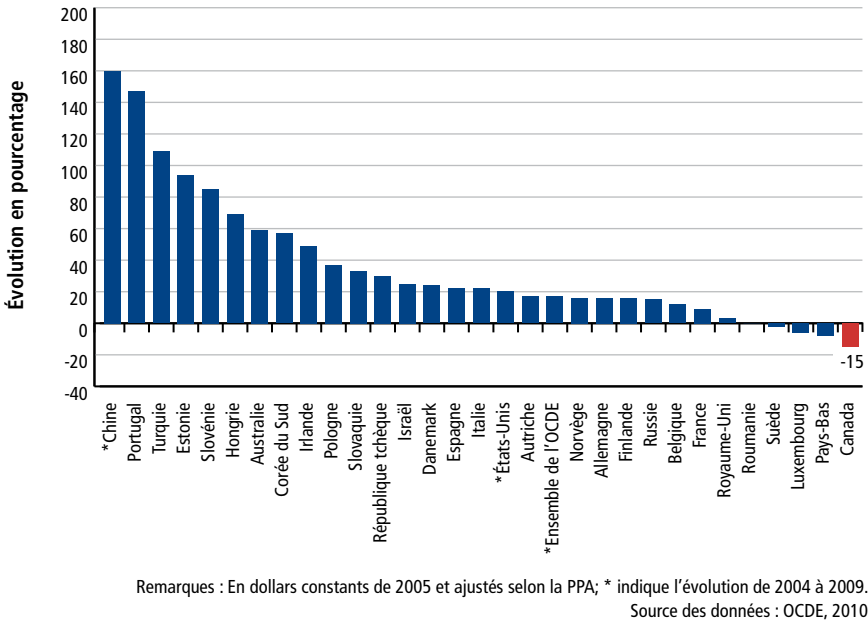
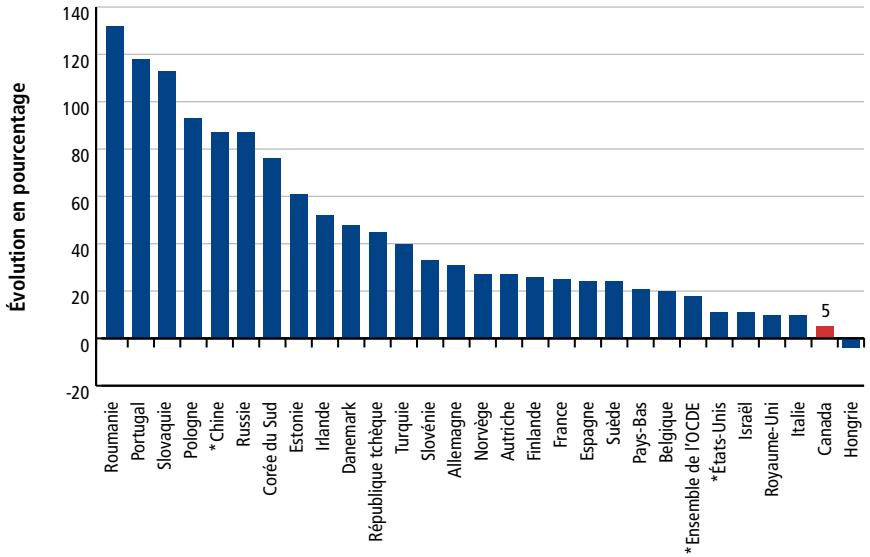


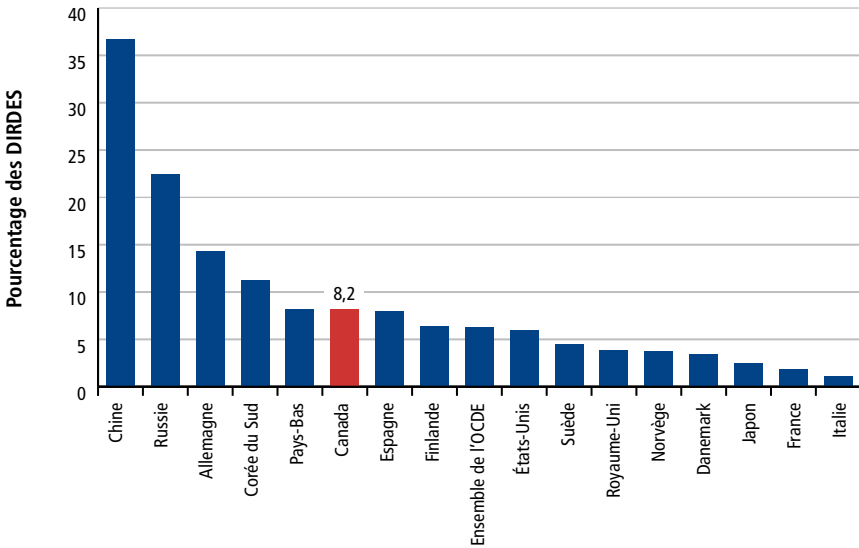
Figure 3.5
Évolution en pourcentage des DIRDE dans certains pays, de 2005 à 2010



Remarques : En dollars constants de 2005 et ajustés selon la PPA; * indique l'évolution de 2004 à 2009.
 Source des données : OCDE, 2010

Figure 3.6
Évolution en pourcentage des DIRDES dans certains pays, de 2005 à 2010

Même si la quantité de R-D effectuée dans le secteur privé est relativement faible au Canada, des entreprises financent une part significative de la R-D effectuée dans le secteur de l'enseignement supérieur. La figure 3.7 montre le pourcentage des dépenses en R-D dans le secteur de l'enseignement supérieur qui est financé par l'industrie. Au Canada, l'industrie finance un peu plus de 8 % de toute la R-D effectuée dans le secteur de l'enseignement supérieur (environ 950 millions de dollars en 2011) (Statistique Canada, 2012a). Cette proportion est supérieure à la moyenne des pays de l'OCDE, et plus du double des DIRDES financées par l'industrie au Royaume-Uni, en Norvège, au Danemark, au Japon, en France et en Italie.



Source des données : OCDE, 2010

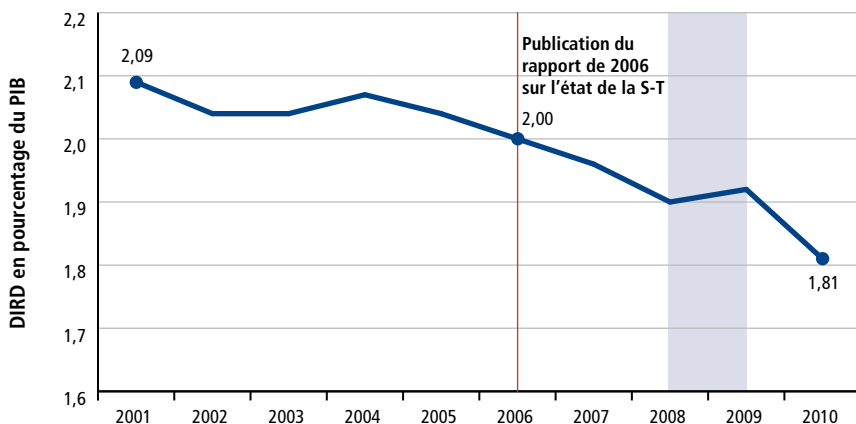
Figure 3.7
Pourcentage des DIRDES financé par l'industrie, en 2009

3.3 DÉPENSES DU GOUVERNEMENT FÉDÉRAL EN R-D

Le soutien du gouvernement fédéral à la R-D au Canada a continué d'augmenter au cours des dernières années, passant d'environ 5,4 milliards de dollars en 2004 à un montant prévu de 7,6 milliards en 2010-2011 (Statistique Canada, 2011e). Pour l'ensemble de la S-T, les dépenses prévues du gouvernement fédéral pour l'exercice 2010-2011 sont de 11,9 milliards de dollars (Statistique Canada, 2011e), sans compter le crédit d'impôt pour la recherche scientifique et le développement expérimental (RS&DE). Les dépenses du gouvernement fédéral en R-D se répartissent à peu près également entre le soutien à la R-D interne (au sein du gouvernement) et externe (à l'extérieur du gouvernement). Les principales agences fédérales qui soutiennent la R-D externe sont les Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC), le Conseil national de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH), la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) et le Conseil national de recherches Canada (CNRC). Pour ce qui est des secteurs socio-économiques, la part de loin la plus importante des dépenses du gouvernement fédéral en R-D va à la recherche qui vise à améliorer et à protéger la santé humaine.

3.4 CONCLUSIONS

Le niveau d'investissement du Canada en R-D est inférieur à la moyenne des pays de l'OCDE, mais équivalent à celui d'économies comparables, par exemple celles du Royaume-Uni, des Pays-Bas et de la France. Comme les pays nordiques, Israël et les Pays-Bas, le Canada investit une bonne part de ses dépenses en R-D dans le secteur de l'enseignement supérieur. Les investissements des entreprises en R-D sont faibles au Canada par rapport à d'autres pays de l'OCDE. En proportion du PIB, les investissements du Canada en R-D ont diminué depuis le rapport de 2006 du CAC sur l'état de la S-T (voir la figure 3.8), la seule croissance ayant eu lieu pendant la récession de 2008, où le PIB (le dénominateur) a diminué. Même si la répartition des investissements en R-D et la place internationale du Canada demeurent semblables à ce qu'elles étaient en 2006, le Canada se distingue de tous les autres pays de l'OCDE par une diminution nette de ses dépenses totales en R-D au cours des six dernières années. Cela vient d'une forte baisse des dépenses des entreprises en R-D, due probablement en grande partie à la faillite de Nortel.



Source des données : Statistique Canada, 2012a

Figure 3.8

DIRD en pourcentage du PIB au Canada, de 2001 à 2010

Cette figure montre l'évolution des dépenses intérieures brutes en R-D (DIRD) au Canada, en proportion du PIB, de 2001 à 2010. La zone en bleu clair correspond à la récession de 2008 et 2009 — la seule partie de la période illustrée où le PIB du Canada a diminué.

4

Productivité et impact de la recherche

- Production de recherche du Canada
- Impact de la recherche canadienne
- Synthèse sur la production et l'impact de la recherche
- Comparaison avec le rapport de 2006
- Conclusions

4 Productivité et impact de la recherche

Principales constatations

- Avec moins de 0,5 % de la population mondiale, le Canada a produit 4,7 % des articles faisant partie du 1 % les plus cités au monde entre 2000 et 2008.
- Le Canada se classe sixième parmi les principaux pays scientifiques quant au niveau de citation dans tous les domaines — ce qui est une mesure de l'impact de la recherche.
- La recherche canadienne est citée particulièrement souvent par rapport aux moyennes mondiales dans les domaines suivants : arts visuels et arts de la scène; médecine clinique; physique et astronomie.
- Pour le niveau de citation de ses recherches, le Canada vient au premier rang mondial dans neuf sous-domaines, et il fait partie des dix premiers pays dans presque tous les sous-domaines.
- Le Canada est septième au monde pour la production totale d'articles de recherche — ce qui est une mesure du volume de recherche.
- La part du Canada dans les publications scientifiques est particulièrement élevée dans les domaines suivants : psychologie et sciences cognitives; santé publique et soins de santé; philosophie et théologie; sciences environnementales et de la Terre; agriculture, pêcheries et foresterie.

De nombreux pays font des évaluations périodiques de leur activité scientifique en utilisant — du moins en partie — des données bibliométriques (voir le chapitre 2). Le Canada ne fait pas exception. Le premier rapport du CAC sur l'état de la science et de la technologie au Canada a fait appel à une analyse bibliométrique pour évaluer le rendement scientifique du Canada par rapport à d'autres pays (CAC, 2006). Ce genre d'analyse constitue une manière valable d'évaluer à la fois le volume de la production scientifique, par le nombre d'articles, et l'impact de la recherche scientifique d'un pays, par le nombre de citations. Le comité d'experts a étendu l'analyse de 2006 en faisant un examen exhaustif des données sur la production d'articles scientifiques du Canada, à l'aide d'un jeu semblable — mais enrichi — d'indicateurs bibliométriques (l'encadré 4.1 donne une description de ces indicateurs bibliométriques).

Le présent chapitre donne les résultats de cet aspect de la recherche effectuée par le comité :

- La **section 4.1** porte sur la *production* totale d'articles de recherche au Canada par comparaison au reste du monde.
- La **section 4.2** décrit l'*impact* des publications de recherche du Canada, mesuré par le nombre de citations.
- La **section 4.3** propose ensuite une *synthèse* par domaine des indicateurs liés à la production et à l'impact de la recherche.

Encadré 4.1

Indicateurs bibliométriques employés dans cette étude

Nombre de publications — Nombre total d'articles examinés par des pairs et publiés, par domaine ou sous-domaine de recherche. Le décompte peut être « entier » ou « fractionnaire ». Dans un décompte entier, chacun des auteurs d'un article est crédité d'une publication, alors que dans un décompte fractionnaire, chaque auteur est crédité d'une fraction de publication, en fonction du nombre d'auteurs de l'article. (Sauf indication contraire, les nombres de publications présentés dans ce chapitre correspondent à des décomptes entiers.)

Indice de spécialisation (IS) — Mesure de la concentration des activités de recherche au Canada dans des domaines particuliers, par rapport à d'autres pays. Un IS supérieur à 1,0 signifie que davantage d'articles sont publiés dans ce domaine ou sous-domaine que ce que donnerait la moyenne mondiale.

Moyenne des citations relatives (MCR) — Mesure de la fréquence de citation de publications. Une MCR supérieure à 1,0 signifie que les publications font l'objet de plus de citations que la moyenne mondiale dans le domaine ou sous-domaine de recherche en question (toutes les MCR sont normalisées par domaine de recherche). Les MCR sont généralement plus solides et plus fiables lorsqu'elles sont fondées sur un grand nombre d'articles. Par conséquent, les MCR peuvent varier davantage dans les domaines où le nombre d'articles est faible. Pour cette étude, aucune MCR n'a été calculée dans les domaines ou sous-domaines où il y avait moins de 30 articles.

Indice de croissance (ICr) — L'indice de croissance du nombre de publications peut être calculé à partir de décomptes entiers ou fractionnaires. Dans ce rapport, il correspond au taux de croissance brut du nombre de publications, établi par un décompte entier, d'une période à une autre (p. ex. le nombre d'articles publiés de 2005 à 2010, divisé par le nombre d'articles publiés de 1999 à 2004). Un ICr supérieur à 1,0 indique un domaine en croissance, alors qu'un ICr inférieur à 1,0 témoigne d'un domaine où le nombre de publications diminue.

L'appendice 1 explique plus en détail les méthodes employées pour calculer chacun de ces indicateurs.

4.1 PRODUCTION DE RECHERCHE DU CANADA

Dans de nombreux domaines de la S-T, les articles publiés dans des revues à comité de lecture constituent dans le monde entier le principal moyen de communication des progrès de la recherche. L'examen par des pairs est une forme de contrôle de la qualité, puisque d'autres experts du domaine croient que l'article proposé a

du mérite. Par conséquent, le nombre d'articles publiés dans de telles revues permet de faire des comparaisons internationales de l'ampleur de la S-T⁹.

4.1.1 Production totale de recherche

De 2005 à 2010, le Canada s'est classé septième au monde pour le nombre total d'articles scientifiques (voir le tableau 4.1), avec environ 395 000 articles scientifiques et savants, soit 4,1 % de la production mondiale totale (ce qui est beaucoup pour un pays qui compte 0,5 % de la population de la planète). Le Canada a maintenu sa place pour la production de recherche au cours de la dernière décennie — même

Tableau 4.1

Les 20 premiers pays pour le nombre d'articles scientifiques produits

Rang de 2005 à 2010	Pays	Nombre d'articles		Part des articles publiés dans le monde (%)	
		2005–2010	1999–2004	2005–2010	1999–2004
1	États-Unis	2 559 751	1 924 095	26,7	30,9
2	Chine	1 589 748	486 934	16,6	7,8
3	Royaume-Uni	688 990	503 210	7,2	8,1
4	Allemagne	648 542	482 678	6,8	7,7
5	Japon	647 867	550 328	6,8	8,8
6	France	479 452	350 900	5,0	5,6
7	Canada	395 369	248 756	4,1	4,0
8	Italie	369 398	247 835	3,9	4,0
9	Espagne	306 505	178 616	3,2	2,9
10	Inde	293 656	150 732	3,1	2,4
11	Australie	267 938	160 243	2,8	2,6
12	Corée du Sud	265 146	124 789	2,8	2,0
13	Pays-Bas	210 153	140 778	2,2	2,3
14	Brésil	203 604	92 499	2,1	1,5
15	Russie	200 176	172 448	2,1	2,8
16	Suisse	152 122	100 533	1,6	1,6
17	Pologne	141 005	89 829	1,5	1,4
18	Turquie	138 881	64 061	1,4	1,0
19	Suède	138 353	106 477	1,4	1,7
20	Belgique	117 174	76 663	1,2	1,2
	Monde entier	9 586 347	6 230 213	100,0	100,0

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données *Scopus* (Elsevier)

Dans ce tableau, les nombres d'articles sont établis par des décomptes entiers, où chacun des auteurs d'un article est crédité d'une publication. Par conséquent, la croissance du nombre d'articles produits vient en partie de l'augmentation de la collaboration en recherche (voir le chapitre 6). Lorsque l'on tient compte de l'évolution des taux de collaboration, la croissance du nombre d'articles du Canada est tout juste inférieure à la moyenne mondiale.

9 Les limites de la bibliométrie sont exposées au chapitre 2.

si l'on avait craint qu'il ne soit dépassé par des pays asiatiques ayant des institutions scientifiques en croissance rapide (voir p. ex. Archambault et Gingras, 2004). La place du Canada est demeurée inchangée entre les deux périodes (de 1999 à 2004 et de 2005 à 2010), puisque le nombre d'articles scientifiques produits au Canada a augmenté à un rythme à peu près égal à la croissance mondiale de 54 %. En réalité, avec une augmentation de près de 60 % du nombre d'articles publiés, le Canada a été le seul pays du G7 à voir sa part augmenter d'une période à l'autre. Cela est impressionnant si l'on considère l'augmentation spectaculaire du nombre d'articles scientifiques produits au cours des dix dernières années en Chine, qui a vu sa part des publications passer de 8 % à 16 % de 1999-2004 à 2005-2010.

4.1.2 Production de recherche par domaine

La production canadienne d'articles scientifiques varie considérablement d'un domaine de recherche à l'autre¹⁰ (voir le tableau 4.2). C'est dans les domaines de la médecine clinique¹¹, des TIC et du génie que le nombre d'articles est le plus élevé. Ces domaines totalisent aussi le plus grand nombre d'articles scientifiques dans bien d'autres pays. Un indicateur plus révélateur est la part du Canada sur le total mondial dans chaque domaine de recherche (indiquée dans le tableau pour les années 2005 à 2010 et 1999 à 2004). Au sommet de l'échelle, de 2005 à 2010, les Canadiens ont produit 7,6 % des articles du monde dans le domaine de la psychologie et des sciences cognitives. À l'autre extrémité de l'échelle, les Canadiens n'ont produit au cours de la même période que 2,6 % des articles scientifiques du monde en chimie. (La faible production dans des domaines comme la chimie et la physique pourrait s'expliquer par le fait que des chercheurs publient leurs articles dans des revues qui se situent ailleurs dans le système de classification. Par exemple un article d'un chimiste ou d'un physicien publié dans une revue de nanotechnologie serait compté dans le domaine des technologies habilitantes et stratégiques, mais cela ne semble pas être le cas dans la réalité — dans ce cas particulier comme dans d'autres. Étant donné la production relativement faible dans l'ensemble des domaines de la chimie, de la physique et des technologies habilitantes et stratégiques, il est plus probable que le Canada effectue moins de recherches que la moyenne dans ces domaines). La part du Canada a augmenté dans 10 domaines, a diminué dans 5 et est demeurée stable dans 7 domaines de 2005 à 2010 par rapport à la période 1999-2004 (voir le tableau 4.2).

Les deux dernières colonnes du tableau 4.2 donnent l'indice de spécialisation (IS), une mesure de la concentration des activités de recherche au Canada dans chaque domaine par rapport au reste du monde. Cet indice est calculé en comparant la production canadienne dans un domaine (en pourcentage de la production

10 La section 2.1 présente la classification en domaines et sous-domaines utilisée dans cette évaluation. On y explique en particulier que le domaine de la médecine clinique est plus large que ce que l'on entend communément.

11 *ibid.*

Tableau 4.2

Nombre total d'articles, part de la production mondiale et indice de spécialisation du Canada, par domaine bibliométrique de recherche

Domaine	Nombre d'articles de 2005 à 2010		Part canadienne des articles publiés dans le monde (%)		Indice de spécialisation (IS)	
	Canada	Monde entier	2005–2010	1999–2004	2005–2010	1999–2004
Médecine clinique	88 354	2 159 622	4,09	3,69	0,98	0,94
Technologies de l'information et des communications	40 529	931 001	4,35	5,06	1,12	1,32
Génie	34 927	891 620	3,92	4,39	1,01	1,17
Recherche biomédicale	31 326	631 678	4,96	4,60	1,12	1,09
Physique et astronomie	30 890	1 018 777	3,03	2,69	0,60	0,55
Technologies habilitantes et stratégiques	26 896	908 140	2,96	2,65	0,75	0,69
Biologie	18 227	348 408	5,23	5,31	1,18	1,29
Chimie	17 653	690 586	2,56	2,60	0,63	0,66
Agriculture pêcheries et foresterie	15 880	297 996	5,33	6,31	1,38	1,69
Sciences environnementales et de la Terre	15 788	272 605	5,79	5,63	1,23	1,30
Santé publique et soins de santé	15 298	222 273	6,88	6,10	1,82	1,64
Sciences sociales	12 355	263 467	4,69	4,51	1,44	1,39
Psychologie et sciences cognitives	12 319	161 220	7,64	7,12	1,96	1,93
Économie et sciences de la gestion	10 161	211 904	4,80	5,03	1,21	1,33
Mathématiques et statistiques	8 951	213 955	4,18	4,11	0,91	0,92
Science et technologie, général	3 775	121 075	3,12	3,31	0,54	0,65
Étude de l'histoire	3 512	73 752	4,76	4,55	1,26	1,22
Environnement construit et design	3 152	63 750	4,94	5,75	1,36	1,62
Communication et étude des textes	2 686	52 085	5,16	5,07	1,73	1,76
Philosophie et théologie	2 024	34 295	5,90	5,17	1,94	1,74
Arts et sciences humaines, général	380	10 438	3,64	3,36	1,14	1,08
Arts visuels et arts de la scène	286	7 700	3,71	2,67	1,37	1,10
Totaux	395 369	9 586 347	4,12	3,99	–	–

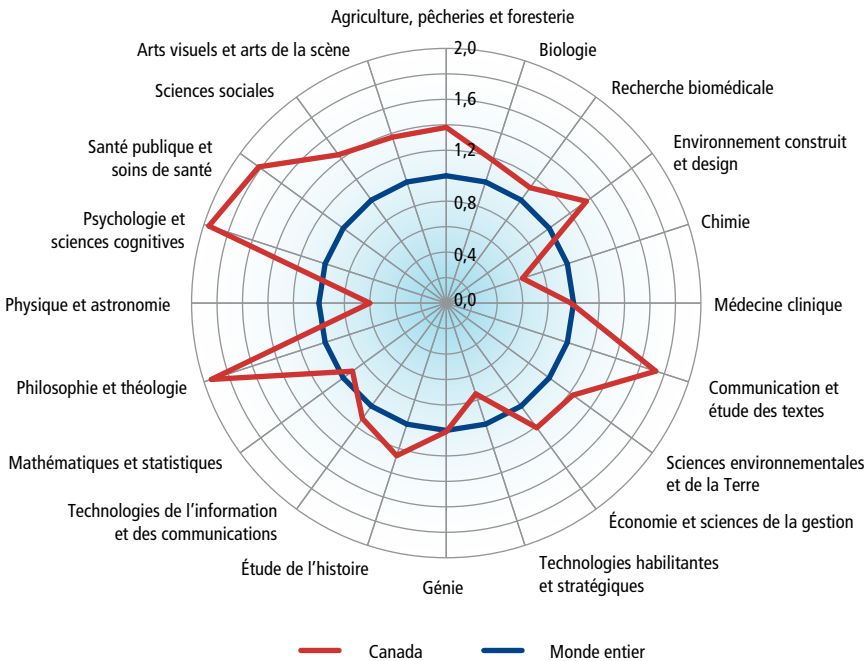
Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

Dans ce tableau, les nombres d'articles sont établis par des décomptes entiers, et les domaines sont classés par ordre décroissant du nombre d'articles produits au Canada. La couleur des domaines indique si la part du Canada dans les articles publiés dans le monde a augmenté (vert), a diminué (rouge) ou est restée à peu près la même (augmentation ou diminution de moins de 0,2 %, en jaune).

canadienne totale) et la production mondiale dans le même domaine (en pourcentage de la production mondiale totale). Si le Canada produit davantage d'articles dans un domaine que ce que donnerait la moyenne mondiale, son IS est supérieur à 1,0. S'il en produit moins, son IS est inférieur à 1,0.

La figure 4.1 montre les IS par domaine de recherche au Canada de 2005 à 2010. Par rapport à la moyenne mondiale, le Canada a une concentration relativement élevée d'activités de recherche dans plusieurs domaines, notamment : philosophie et théologie; psychologie et sciences cognitives; santé publique et soins de santé; communication et étude des textes. Par contre, la concentration d'activités de recherche au Canada est relativement faible dans les domaines suivants : chimie; technologies habilitantes et stratégiques; physique et astronomie; mathématiques et statistiques.

Comme on peut le voir dans le tableau 4.2, le degré de spécialisation du Canada a considérablement diminué dans les domaines de l'agriculture, des pêcheries et de la foresterie (tout en demeurant au-dessus de la moyenne mondiale) et a augmenté de manière significative dans les domaines suivants : santé publique et soins de santé; arts visuels et arts de la scène.



Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données *Scopus* (Elsevier)

Figure 4.1

Indices de spécialisation (IS) par domaine de recherche au Canada, de 2005 à 2010

Cette figure montre les IS par domaine de recherche. Ces indices indiquent si le Canada publie davantage ou moins d'articles dans un domaine que ce que donnerait la moyenne mondiale.

4.1.3 Production de recherche par sous-domaine

Dans la grande majorité des sous-domaines, il y a assez de données bibliométriques pour que l'on puisse comparer le rendement du Canada par rapport au reste du monde à l'échelle des sous-domaines. Le tableau 4.3 montre le quart supérieur des sous-domaines de recherche (44 sous-domaines sur 176), classés selon la part du Canada dans la production mondiale d'articles, avec les IS correspondants. Ce sont tous des sous-domaines où le Canada compte pour une part relativement importante des articles de revues spécialisées publiés dans le monde. De nombreux domaines de recherche liés aux ressources naturelles sont fortement représentés ici, dont la géologie, la foresterie et les pêcheries. Le Canada a également beaucoup d'activités de recherche en conception et génie automobile, ainsi que dans plusieurs sous-domaines liés à la psychologie et à la santé mentale, dont la psychologie expérimentale, la science comportementale, la psychologie du développement et de l'enfant, la psychologie clinique et la psychologie sociale.

Tableau 4.3

Premier quartile des sous-domaines, selon la part canadienne dans la production mondiale d'articles, et indices de spécialisation (IS) correspondants

Sous-domaine	Domaine	Part canadienne des articles publiés dans le monde, de 2005 à 2010 (%)	IS
Géologie	Sciences environnementales et de la Terre	10,45	2,37
Foresterie	Agriculture, pêcheries et foresterie	10,40	2,96
Physiologie	Recherche biomédicale	9,59	2,37
Ornithologie	Biologie	8,80	1,93
Psychologie expérimentale	Psychologie et sciences cognitives	8,78	2,13
Pêcheries	Agriculture, pêcheries et foresterie	8,59	2,03
Conception et génie automobile	Génie	8,37	2,30
Réadaptation	Santé publique et soins de santé	8,34	2,33
Science comportementale et psychologie comparative	Psychologie et sciences cognitives	8,29	2,07
Politiques et services de santé	Santé publique et soins de santé	8,15	1,97
Informatique médicale	Technologies de l'information et des communications	8,06	2,21
Sport, récréation et tourisme	Économie et sciences de la gestion	7,88	2,12
Facteurs humains	Psychologie et sciences cognitives	7,73	2,06
Gérontologie	Santé publique et soins de santé	7,59	2,08
Psychologie du développement et de l'enfant	Psychologie et sciences cognitives	7,59	2,04

suite à la page suivante

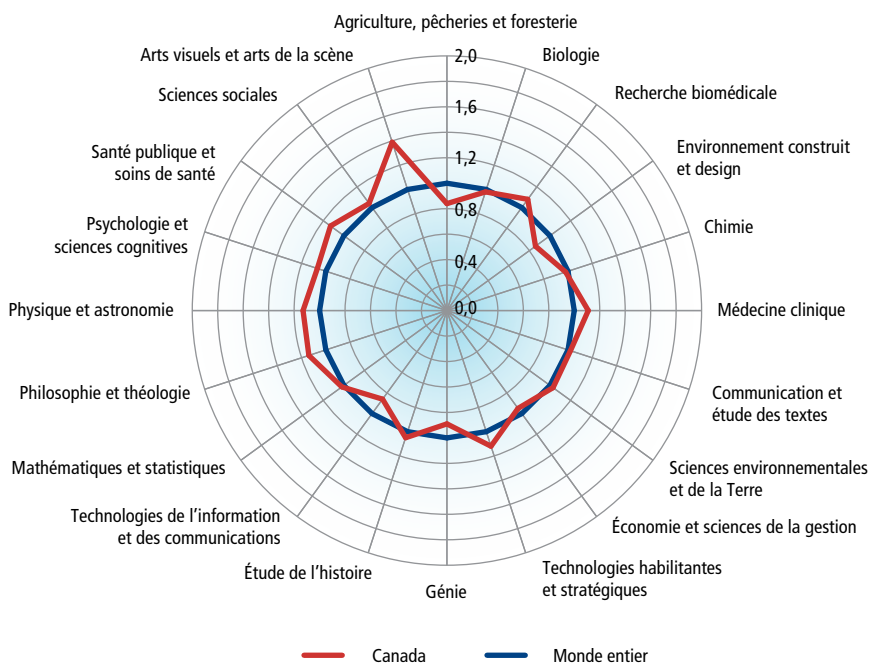
Sous-domaine	Domaine	Part canadienne des articles publiés dans le monde, de 2005 à 2010 (%)	IS
Économétrie	Économie et sciences de la gestion	7,57	1,66
Psychologie clinique	Psychologie et sciences cognitives	7,55	1,94
Médecine sportive	Médecine clinique	7,53	1,96
Psychologie sociale	Psychologie et sciences cognitives	7,52	1,93
Criminologie	Sciences sociales	7,30	2,17
Écologie	Biologie	7,23	1,67
Relations industrielles	Économie et sciences de la gestion	7,10	2,01
Statistiques et probabilités	Mathématiques et statistiques	7,06	1,55
Étude de genre	Sciences sociales	7,04	2,19
Théorie du calcul informatique	Technologies de l'information et des communications	7,03	1,58
Comptabilité	Économie et sciences de la gestion	7,01	1,71
Éthique appliquée	Philosophie et théologie	7,00	2,15
Épidémiologie	Santé publique et soins de santé	6,97	1,47
Urbanisme et sciences régionales	Environnement construit et design	6,89	1,95
Biologie de l'évolution	Biologie	6,86	1,43
Géographie	Sciences sociales	6,84	1,95
Santé publique	Santé publique et soins de santé	6,84	1,77
Études littéraires	Communication et étude des textes	6,70	2,39
Génétique et hérédité	Recherche biomédicale	6,66	1,24
Génie de l'environnement	Génie	6,59	1,69
Méthodes des sciences sociales	Sciences sociales	6,40	1,76
Météorologie et sciences atmosphériques	Sciences environnementales et de la Terre	6,15	1,25
Soins infirmiers	Santé publique et soins de santé	6,00	1,79
Théâtre et dramaturgie	Arts visuels et arts de la scène	5,92	2,41
Abus de substances	Santé publique et soins de santé	5,90	1,52
Génie logiciel	Technologies de l'information et des communications	5,89	1,57
Travail social	Sciences sociales	5,88	1,71
Astronomie et astrophysique	Physique et astronomie	5,76	0,74
Psychiatrie	Médecine clinique	5,73	1,44

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

4.1.4 Croissance de la production de recherche canadienne

La production de S-T évolue avec le temps, et le nombre d'articles a été plus élevé dans tous les domaines de 2005 à 2010 par rapport à la période 1999-2004. Comme la production a également augmenté dans d'autres pays, on a utilisé un indice de croissance (ICr) afin de comparer l'augmentation du nombre d'articles scientifiques au Canada par rapport à d'autres pays entre les périodes 1999-2004 et 2005-2010. L'ICr peut être calculé à partir d'un décompte entier ou fractionnaire des publications; le décompte entier a été utilisé pour les fins de ce rapport (voir la méthodologie détaillée à l'appendice 1). Par exemple, un ICr de 1,8 signifie que la production d'articles de 2005 à 2010 a représenté 180 % de la production de 1999 à 2004.

La figure 4.2 montre les ICr du Canada par rapport aux ICr mondiaux. La croissance de la recherche canadienne dans de nombreux domaines, plus particulièrement les arts visuels et arts de la scène, la santé publique et les soins de santé, la philosophie et la théologie, ainsi que la physique et l'astronomie, est impressionnante si l'on



Source des données : calculs effectués à partir de données bibliométriques de Science-Metrix tirées de la base de données *Scopus* (Elsevier)

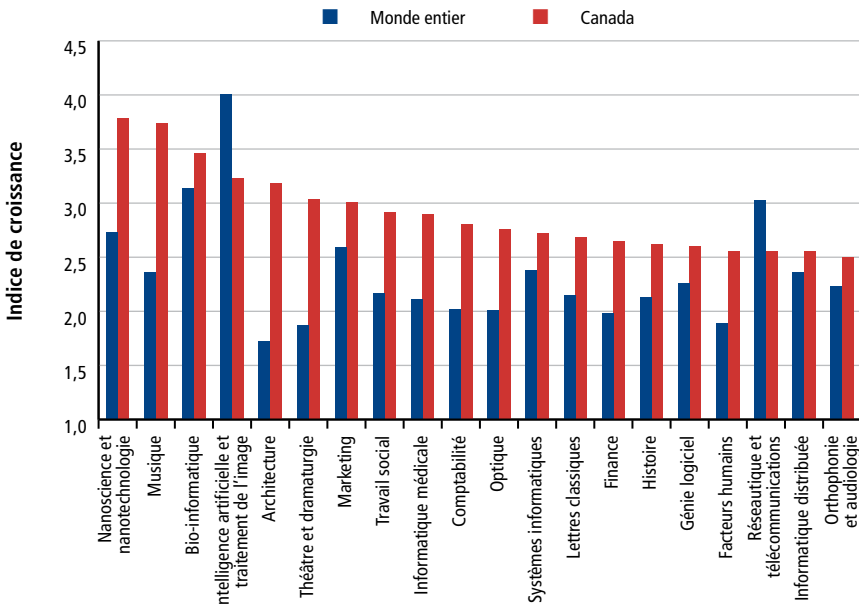
Figure 4.2

Indices de croissance (ICr) par domaine de recherche au Canada par rapport aux ICr mondiaux, de 1999 à 2010

Cette figure montre les indices de croissance (ICr) par domaine de recherche au Canada, par rapport aux ICr mondiaux (ICr au Canada, divisé par l'ICr mondial dans le même domaine). Les ICr sont calculés en comparant les décomptes entiers de publications de 1999 à 2004 et de 2005 à 2010.

considère la croissance rapide du volume de recherche dans des pays émergents comme la Chine et l'Inde. Étant donné la croissance rapide de la S-T dans le monde, il n'est pas surprenant que la production du Canada ait augmenté moins rapidement que la moyenne mondiale dans près de la moitié des domaines, plus particulièrement l'agriculture, les pêcheries et la foresterie, les TIC, ainsi que l'environnement construit et le design.

La figure 4.3 montre les sous-domaines dont la croissance est la plus rapide au Canada, avec les taux de croissance mondiaux correspondants. La recherche canadienne a connu la plus forte croissance dans les sous-domaines suivants : nanoscience et nanotechnologie; musique; bio-informatique. La croissance a également été forte au Canada en intelligence artificielle et traitement de l'image, mais elle a été encore plus rapide dans le reste du monde, de sorte que l'avantage relatif du Canada dans ce domaine a diminué, en dépit d'une croissance rapide. La croissance apparente dans des sous-domaines des sciences sociales ainsi que des arts visuels et arts de la scène peut être liée au plus grand nombre de revues incluses dans la base de données *Scopus* entre 1999 et 2010.



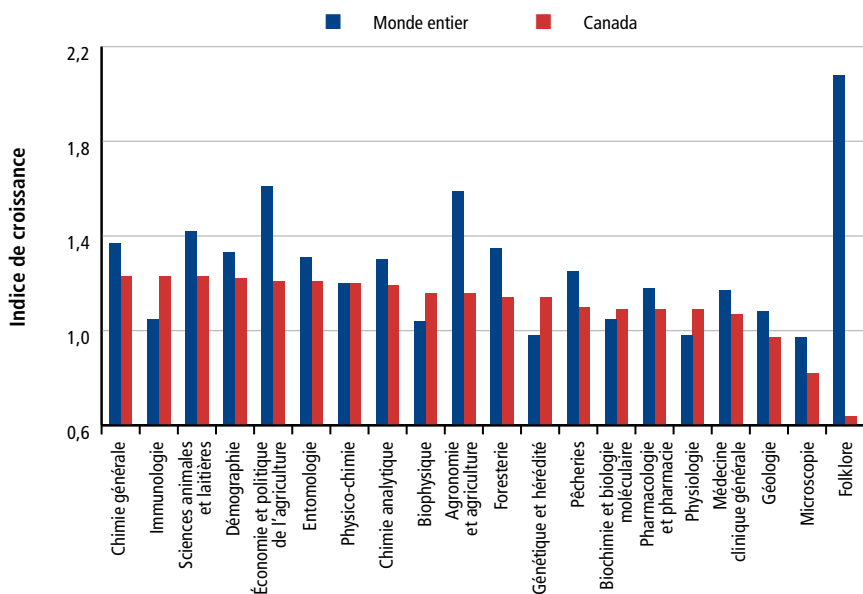
Source des données : calculs effectués à partir de données bibliométriques de Science-Metrix tirées de la base de données *Scopus* (Elsevier)

Figure 4.3

Les 20 sous-domaines au Canada dont les indices de croissance (ICr) sont les plus élevés

Dans cette figure, les sous-domaines sont classés par ordre décroissant de leur indice de croissance au Canada entre les périodes 1999-2004 et 2005-2010.

De 2005 à 2010 par rapport à la période 1999-2004, la production du Canada en nombre absolu de publications n'a diminué que dans 3 sous-domaines sur 176 : la géologie, la microscopie et le folklore (voir la figure 4.4). Les taux de croissance du nombre de publications ont été les plus bas au Canada, en particulier dans plusieurs sous-domaines de l'agriculture, des pêcheries et de la foresterie (agronomie et agriculture, sciences animales et laitières, foresterie, pêcheries), ainsi que de la recherche biomédicale (biophysique, génétique et hérédité, physiologie, microscopie) (voir la figure 4.4). Dans plusieurs de ces sous-domaines toutefois, la croissance a été égale ou à peine inférieure à la moyenne mondiale. D'autre part, plusieurs sous-domaines de croissance faible ou négative, tels que la géologie, la physiologie, la foresterie et les pêcheries, font partie des sous-domaines les plus importants au Canada (voir le tableau 4.3), ce qui laisse probablement moins de place pour la croissance que dans des sous-domaines moins importants.



Source des données : calculs effectués à partir de données bibliométriques de Science-Metrix tirées de la base de données *Scopus* (Elsevier)

Figure 4.4

Les 20 sous-domaines au Canada dont les indices de croissance (ICr) sont les plus faibles

Dans cette figure, les sous-domaines sont classés par ordre décroissant de leur indice de croissance au Canada. Un ICr inférieur à 1,0 indique une diminution du nombre absolu de publications de 2005 à 2010 par rapport à la période 1999-2004.

4.2 IMPACT DE LA RECHERCHE CANADIENNE

Les nombres de publications et leur augmentation donnent une indication de la production de recherche, mais ils ne reflètent pas la qualité ou l'impact de cette recherche. Par contre, les citations donnent de l'information sur le degré d'influence des articles publiés dans une entité géographique ou un domaine particuliers sur le développement de la recherche ultérieure dans le même domaine ou dans d'autres. La plupart des experts en bibliométrie s'entendent sur le fait que de tels indicateurs fournissent des renseignements utiles sur l'impact de la recherche, en particulier si on les emploie à des niveaux d'agrégation élevés, c'est-à-dire à l'échelle des domaines plutôt que des chercheurs (le chapitre 2, Moed (2005) et REPP (2005) abordent les problèmes liés à ces types d'indicateurs).

Deux indicateurs différents fondés sur des citations ont été employés dans cette étude pour évaluer l'impact de la recherche canadienne. Le premier, appelé *moyenne des citations relatives* (MCR), mesure de façon directe à quelle fréquence les articles de recherche produits au Canada dans un domaine ou sous-domaine particulier sont cités, par comparaison à tous les articles publiés dans ce domaine ou sous-domaine. Les MCR sont exprimées sous forme d'indices par rapport à la moyenne mondiale. Une MCR de 1,0 signifie qu'un article de recherche est cité avec la même fréquence que la moyenne mondiale dans le même domaine ou sous-domaine. Une MCR supérieure à 1,0 signifie que la recherche fait l'objet de plus de citations que la moyenne mondiale, et une MCR inférieure à 1,0 implique le contraire. Le second indicateur est la proportion du 1 % supérieur des publications scientifiques les plus citées. À partir des données compilées par Science-Metrix, le comité d'experts a calculé la part du Canada dans ces publications les plus souvent citées — au total et par domaine — pour la période de 2000 à 2008. Les paragraphes qui suivent présentent les résultats de ces indicateurs fondés sur des citations, qui mesurent l'impact général de la recherche canadienne, ainsi que son impact par domaine et sous-domaine.

4.2.1 Impact général de la recherche canadienne

D'après les MCR, la recherche canadienne a un impact important, se situant pour la période 2005-2010 au sixième rang¹² parmi les pays les plus productifs sur le plan scientifique (voir le tableau 4.4). Le rang du Canada est demeuré stable au cours de la dernière décennie. Comme le montre le tableau 4.4, la MCR n'est pas liée au volume de l'activité de recherche, et certains petits pays ont un très bon rendement selon cet indicateur. Par exemple, la Suisse se classe première au monde, probablement en partie grâce à la recherche de premier plan menée à l'Organisation

12 Tous les rangs bibliométriques présentés dans ce rapport sont donnés sur les quelque 20 premiers pays au monde pour leur production d'articles scientifiques dans le domaine ou sous-domaine concerné.

européenne pour la recherche nucléaire (CERN) par des chercheurs du monde entier, ce qui contribue aussi à son haut degré de collaboration (voir le chapitre 6).

Le Canada a également un bon rendement pour sa part du 1 % supérieur des publications scientifiques les plus citées. Il représente 4,7 % des articles les plus cités au monde de 2000 à 2008 (voir le tableau 4.4), contre 4,1 % du nombre total de publications (voir le tableau 4.1).

Tableau 4.4

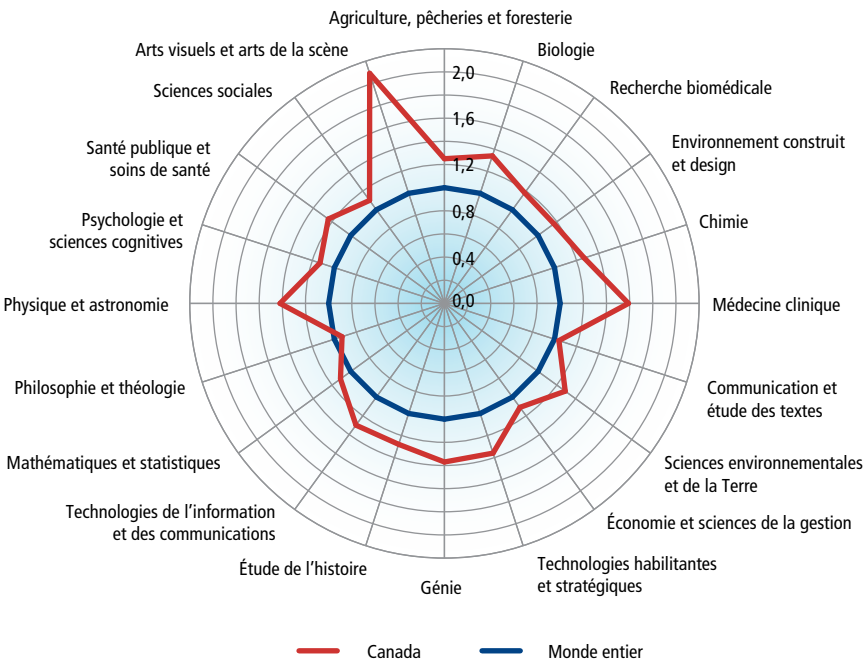
Principaux indicateurs bibliométriques d'impact pour les principaux pays producteurs d'articles scientifiques

Rang selon la MCR, de 2005 à 2010	Pays	MCR, de 2005 à 2010	MCR, de 1999 à 2004	Part du 1 % supérieur des articles les plus cités, de 2000 à 2008 (%)	Part du 1 % supérieur des articles les plus cités / Part du nombre total d'articles, de 2000 à 2008
1	Suisse	1,62	1,46	2,20	1,38
2	Pays-Bas	1,50	1,37	2,72	1,22
3	Suède	1,40	1,31	1,36	0,87
4	États-Unis	1,40	1,38	40,05	1,38
5	Royaume-Uni	1,37	1,27	9,02	1,18
6	Canada	1,36	1,27	4,71	1,15
7	Australie	1,32	1,20	2,16	0,81
8	Allemagne	1,26	1,11	5,83	0,81
9	France	1,19	1,06	5,44	1,03
10	Italie	1,18	1,03	2,81	0,36
11	Espagne	1,14	0,98	1,81	0,6
12	Corée du Sud	0,93	0,91	1,04	0,43
13	Japon	0,88	0,84	2,81	0,71
14	Brésil	0,80	0,77	0,31	0,18
15	Turquie	0,80	0,69	0,45	0,36
16	Inde	0,77	0,64	0,70	0,26
17	Chine	0,74	0,70	5,45	0,46
18	Pologne	0,72	0,63	0,27	0,18
19	Russie	0,53	0,47	0,16	0,07
	Monde entier	1,00	1,00	100,00	1,00

Remarque : MCR = moyenne des citations relatives. Les 19 pays ayant produit le plus grand nombre d'articles sont classés par ordre décroissant de la MCR pour la période 2005–2010.
Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

4.2.2 Impact de la recherche par domaine

Les mêmes indicateurs fondés sur des citations (et utilisés au paragraphe 4.2.1) ont également servi à déterminer les domaines de recherche dans lesquels le Canada a un fort impact par rapport aux autres pays. Un fort impact signifie ici que la S-T canadienne, publiée par des Canadiens dans des articles revus par des pairs, fait l'objet de plus de citations que la recherche moyenne mondiale par d'autres chercheurs dans leurs propres articles revus par des pairs. Par exemple, si des astrophysiciens canadiens obtiennent une image d'un système planétaire nouvellement découvert (voir plus loin l'encadré *Pleins feux sur l'astronomie et l'astrophysique*), cette recherche fait l'objet d'une publication dans une revue à comité de lecture. Comme il s'agit d'une découverte majeure, d'autres chercheurs du monde entier citent cet article lorsqu'ils parlent de ce système planétaire, et l'article original est souvent cité. Avec d'autres articles publiés en physique et en astronomie, cette publication contribue à la moyenne (pour tous les articles) des citations relatives (par rapport au reste du monde). Les résultats sont présentés dans le tableau 4.5 et la figure 4.5.



Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

Figure 4.5

Moyennes des citations relatives (MCR) par domaine de recherche, de 2005 à 2010

Cette figure montre le niveau de citation des recherches publiées par des Canadiens dans les différents domaines, par rapport aux niveaux de citation mondiaux dans les mêmes domaines.

Tableau 4.5

**Principaux indicateurs bibliométriques d'impact pour le Canada,
par domaine de recherche**

Domaine	Rang selon la MCR, de 2005 à 2010	MCR, de 2005 à 2010	MCR, de 1999 à 2004	Part du 1 % supérieur des articles les plus cités, de 2000 à 2008 (%)	Part du 1 % supérieur des articles les plus cités / Part du nombre total d'articles, de 2000 à 2008
Arts visuels et arts de la scène	2	2,09	1,43	4,55	1,62
Médecine clinique	3	1,59	1,49	6,15	1,60
Physique et astronomie	3	1,42	1,26	2,57	0,89
Science et technologie, général	4	2,51	1,36	3,27	0,95
Étude de l'histoire	5	1,28	1,41	3,74	0,80
Psychologie et sciences cognitives	5	1,13	1,09	5,39	0,73
Arts et sciences humaines, général	5	1,12	1,00	5,13	1,73
Génie	6	1,37	1,21	4,44	1,05
Technologies de l'information et des communications	6	1,30	1,17	4,27	0,88
Biologie	7	1,34	1,18	5,45	1,02
Chimie	7	1,27	1,23	2,62	1,02
Santé publique et soins de santé	7	1,24	1,17	8,00	1,25
Économie et sciences de la gestion	7	1,11	1,06	3,96	0,79
Technologies habilitantes et stratégiques	8	1,36	1,41	3,77	1,30
Agriculture, pêcheries et foresterie	8	1,25	1,25	7,90	1,33
Sciences sociales	8	1,10	1,15	4,05	0,88
Philosophie et théologie	8	0,93	0,88	3,31	0,60
Sciences environnementales et de la Terre	9	1,29	1,31	4,53	0,79
Recherche biomédicale	9	1,18	1,11	4,22	0,89
Mathématiques et statistiques	9	1,11	1,09	3,29	0,79
Communication et étude des textes	9	1,04	0,91	1,87	0,36
Environnement construit et design	14	1,17	1,08	4,81	0,89

Remarque : MCR = moyenne des citations relatives. Les rangs sont fondés sur les MCR pour la période 2005–2010, parmi les 19 pays ayant produit le plus grand nombre d'articles dans chaque domaine de recherche.

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données *Scopus* (Elsevier)

Comme le montrent ces résultats, de 2005 à 2010, la recherche canadienne a fait l'objet de plus de citations que la moyenne mondiale dans tous les domaines sauf un (philosophie et théologie), et en particulier dans les domaines suivants : arts visuels et arts de la scène; médecine clinique; physique et astronomie. Dans ces trois domaines, le Canada se classe parmi les trois premiers pays et a des MCR significativement plus élevées que la moyenne mondiale. Le Canada fait également partie des cinq premiers pays dans les domaines de l'étude de l'histoire (pour plus de détails à ce sujet, voir l'encadré *Pleins feux sur la recherche en histoire au Canada*), ainsi que de la psychologie et sciences cognitives.

Pleins feux sur la recherche en histoire au Canada

L'étude de l'histoire comporte plusieurs facettes (dont l'anthropologie, l'archéologie, les lettres classiques, l'histoire et la paléontologie) qui fournissent des explications et une perspective uniques sur l'évolution de la société humaine. L'histoire du Canada, en particulier, a été l'une des premières disciplines des sciences humaines à avoir vu se développer des programmes importants d'études supérieures au Canada, mais la majorité des historiens universitaires formés au Canada n'ont fait leurs études que depuis les années 1960. À la fin des années 1960 et dans les années 1970, un certain nombre de revues spécialisées en histoire ont fait leur apparition, mettant en lumière un intérêt nouveau pour divers aspects de l'histoire régionale et sociale. Mentionnons par exemple *Acadiensis*, *BC Studies*, *Urban History Review*, *Histoire Sociale/Social History* et *Labour/Le Travail*. Plusieurs de ces revues ont été numérisées relativement tard, et ce n'est que maintenant que leur présence se fait sentir dans diverses bases de données bibliométriques. Des projets plus anciens d'importance nationale tels que le *Dictionnaire biographique du Canada*, l'*Atlas historique du Canada*, l'*Encyclopédie canadienne* et l'Institut canadien de microreproductions historiques sont maintenant accessibles sous forme numérique.

L'histoire de la science et de la technologie bénéficie de l'existence du Musée des sciences et de la technologie du Canada, qui a ouvert ses portes à Ottawa en 1967. L'Association pour l'histoire de la science et de la technologie au Canada et la Société canadienne d'histoire et de philosophie des sciences, de même que la revue *Scientia Canadensis*, fournissent un cadre institutionnel canadien dans ce sous-domaine.

Le domaine de l'histoire de la médecine jouit au Canada depuis les années 1970 d'une croissance et d'une maturation remarquables. D'importants investissements effectués par Associated Medical Services inc. pour des chaires d'histoire de la médecine (dans cinq universités ontariennes dans les années 1970, et par la suite à l'Université McGill et à l'université de Calgary), ainsi que la revitalisation de la Société canadienne d'histoire de la médecine et la transformation de son *Bulletin canadien d'histoire de la médecine* en une revue savante, ont également renforcé ce domaine.

Si l'on considère les MCR pour l'ensemble des domaines de recherche (voir le tableau 4.5), le Canada se classe parmi les 10 premiers pays au monde dans tous les domaines à l'exception de l'environnement construit et design. Dans la plupart des domaines, l'impact de la recherche canadienne a augmenté ou est demeuré stable, avec des augmentations significatives dans les domaines suivants : arts visuels et arts de la scène; physique et astronomie; biologie; TIC; génie; communication et étude des textes.

La dernière colonne du tableau 4.5 montre la part du Canada dans le 1 % supérieur des articles les plus cités dans chaque domaine de 2000 à 2008, divisée par sa proportion du nombre d'articles dans le domaine. Ce calcul donne une perspective légèrement différente mais complémentaire sur l'impact de la recherche canadienne dans les divers domaines de recherche. Une valeur supérieure à 1,0 signifie qu'une proportion plus importante que la part de la recherche canadienne dans le monde fait partie du 1 % supérieur des articles les plus cités, alors qu'une valeur inférieure à 1,0 signifie le contraire.

4.2.3 Impact de la recherche par sous-domaine

Les mêmes indicateurs fondés sur des citations utilisés à l'échelle des domaines ont également servi à déterminer les points forts du Canada à l'échelle des sous-domaines¹³. Le tableau 4.6 montre les sous-domaines de recherche dans lesquels le Canada se classe parmi les trois premiers pays au monde pour les MCR de 2005 à 2010. Il est à noter que le Canada est premier au monde dans neuf sous-domaines :

- dermatologie et maladies vénériennes; médecine générale et interne (dans le domaine de la médecine clinique);
- astronomie et astrophysique; physique des particules et nucléaire (dans le domaine de la physique et de l'astronomie);
- administration et gestion (dans le domaine de l'économie et des sciences de la gestion);
- lettres classiques (dans le domaine de l'étude de l'histoire);
- criminologie (dans le domaine des sciences sociales);
- anatomie et morphologie (dans le domaine de la recherche biomédicale);
- zoologie (dans le domaine de la biologie).

Dans certains sous-domaines où la répartition des publications dans le monde est particulièrement inégale, il est possible d'avoir une MCR inférieure à 1,0 (et donc un niveau de citation inférieur à la moyenne mondiale) tout en ayant un rang élevé parmi les pays. Par exemple, le Canada se classe deuxième au monde dans le sous-domaine de la psychologie générale et des sciences cognitives (voir le tableau 4.6), malgré une MCR de 0,9. Dans ce sous-domaine, seuls les États-Unis ont une MCR supérieure à 1,0; ils comptent plus de la moitié de tous les articles publiés au cours de la période étudiée.

13 Voir la liste complète des sous-domaines au chapitre 2.

Tableau 4.6

Sous-domaines dans lesquels le Canada se classe parmi les trois premiers pays au monde pour la moyenne des citations relatives (MCR)

Sous-domaine	Domaine	MCR, de 2005 à 2010	Rang selon la MCR
Médecine générale et interne	Médecine clinique	3,93	1
Anatomie et morphologie	Recherche biomédicale	2,38	1
Dermatologie et maladies vénériennes	Médecine clinique	2,24	1
Astronomie et astrophysique	Physique et astronomie	1,86	1
Physique des particules et nucléaire	Physique et astronomie	1,76	1
Lettres classiques	Étude de l'histoire	1,74	1
Zoologie	Biologie	1,48	1
Administration et gestion	Économie et sciences de la gestion	1,38	1
Criminologie	Sciences sociales	1,37	1
Gastro-entérologie et hépatologie	Médecine clinique	2,09	2
Anesthésiologie	Médecine clinique	1,87	2
Orthopédie	Médecine clinique	1,49	2
Biologie de l'évolution	Biologie	1,42	2
Histoire des sciences sociales	Étude de l'histoire	1,37	2
Informatique médicale	Technologies de l'information et des communications	1,33	2
Psychologie générale et sciences cognitives	Psychologie et sciences cognitives	0,90	2
Physique générale	Physique et astronomie	1,89	3
Automatisation et génie industriel	Génie	1,68	3
Urologie et néphrologie	Médecine clinique	1,67	3
Sciences animales et laitières	Agriculture, pêcheries et foresterie	1,64	3
Logistique et transports	Économie et sciences de la gestion	1,55	3
Mycologie et parasitologie	Biologie	1,55	3
Conception et génie automobile	Génie	1,49	3
Chirurgie	Médecine clinique	1,49	3
Pratique et gestion du design	Environnement construit et design	1,41	3
Orthophonie et audiologie	Santé publique et soins de santé	1,39	3
Systèmes informatiques	Technologies de l'information et des communications	1,38	3

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

Les rangs sont fondés sur les MCR de 2005 à 2010, parmi les 19 pays ayant produit le plus grand nombre d'articles dans chaque sous-domaine de recherche. Les sous-domaines sont énumérés par ordre de rang, puis par ordre décroissant de MCR.

Plains feux sur l'astronomie et l'astrophysique

L'astronomie et l'astrophysique demeurent aussi inspirantes et merveilleuses qu'il y a des siècles. Mais les astrophysiciens d'aujourd'hui utilisent des techniques de pointe — et contribuent à leur développement — tels que des ordinateurs de haute performance et l'intelligence artificielle.

D'une manière générale, on peut considérer que l'astronomie et l'astrophysique cherchent à répondre à quatre questions fondamentales : (1) *D'où tout cela vient-il?* Cette question aborde des sujets de cosmologie comme l'origine de l'univers, le Big Bang, la nature de la matière sombre et de l'énergie sombre; (2) *Comment tout cela s'est-il formé?* Cette question porte sur l'architecture globale de l'univers et la formation de ses structures, depuis les galaxies et les planètes, en passant par les étoiles; (3) *Comment tout cela fonctionne-t-il?* Cette question aborde les lois de la physique telles qu'on les déduit de sources cosmiques, que l'on peut considérer comme des laboratoires de physique dans des milieux extrêmes impossibles à reproduire dans des laboratoires terrestres; (4) *Sommes-nous seuls?* Cette question s'intéresse à l'existence et à l'origine de planètes extrasolaires, ainsi qu'à la possibilité d'une vie extraterrestre.

Le Canada a des chercheurs de classe mondiale qui travaillent sur pratiquement toutes ces questions, souvent dans le cadre de collaborations pancanadiennes. Ce genre de collaboration bénéficie du soutien de longue date de l'Institut canadien de recherches avancées, qui rassemble plus de deux douzaines de chercheurs de huit institutions canadiennes pour l'étude de la cosmologie et de sujets connexes. Les principales infrastructures d'astrophysique qui comptent une importante contribution canadienne comprennent les télescopes Gemini, James-Clerk-Maxwell et Canada-France-Hawaii; l'Observatoire fédéral de radioastrophysique; le grand radiotélescope millimétrique et submillimétrique d'Atacama (ALMA) et le radiotélescope EVLA (*Expanded Very Large Array*). Dans l'espace, le Canada a construit le satellite MOST (*Microvariability and Oscillations of STars* — microvariabilité et oscillations d'étoiles) et a fait d'importantes contributions au télescope spatial Hubble, au satellite Herschel, ainsi qu'au futur télescope spatial James-Webb.

Voici quelques réalisations remarquables de chercheurs canadiens en astronomie et en astrophysique au cours de la dernière décennie : obtention de la première image directe d'un système planétaire en orbite autour d'une étoile voisine du système solaire; modélisation et mesures du fonds diffus cosmologique ou rayonnement fossile, vestige du Big Bang; participation à la simulation Millennium Run sur superordinateur de l'évolution des galaxies au commencement de l'univers; confirmation exclusive de la théorie de la relativité généralisée d'Einstein à l'aide d'un pulsar double; découverte de l'étoile la plus massive connue.

Tableau 4.7

Sous-domaines dans lesquels le Canada ne se classe pas parmi les 10 premiers pays au monde pour la moyenne des citations relatives (MCR)

Sous-domaine	Domaine	MCR, de 2005 à 2010	Rang selon la MCR
Bâtiments et construction	Environnement construit et design	1,24	11
Génie civil	Génie	1,19	11
Génie de l'environnement	Génie	1,17	11
Dentisterie	Médecine clinique	1,07	11
Biophysique	Recherche biomédicale	0,99	11
Économie et politique de l'agriculture	Économie et sciences de la gestion	0,97	11
Mathématiques appliquées	Mathématiques et statistiques	0,96	11
Économie	Économie et sciences de la gestion	0,96	11
Gériatrie	Médecine clinique	1,19	12
Foresterie	Agriculture, pêcheries et foresterie	1,12	12
Science comportementale et psychologie comparative	Psychologie et sciences cognitives	1,02	12
Ophthalmologie et optométrie	Médecine clinique	0,98	12
Microscopie	Recherche biomédicale	0,90	12
Génie mécanique et des transports	Génie	1,29	13
Bio-informatique	Technologies habilitantes et stratégiques	0,94	13
Médecine légale	Médecine clinique	0,94	13
Physiologie	Recherche biomédicale	0,94	13
Études des sciences	Sciences sociales	0,89	13
Géologie	Sciences environnementales et de la Terre	0,99	14
Sciences politiques et administration publique	Sciences sociales	0,85	14
Études du développement	Économie et sciences de la gestion	0,67	14
Informatique distribuée	Technologies de l'information et des communications	0,81	15
Études stratégiques et de sécurité	Technologies habilitantes et stratégiques	0,86	16
Urbanisme et sciences régionales	Environnement construit et design	0,86	17
Horticulture	Agriculture, pêcheries et foresterie	0,76	17
Gérontologie	Santé publique et soins de santé	0,95	18

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données *Scopus* (Elsevier)

Les rangs sont fondés sur les MCR de 2005 à 2010, parmi les 19 pays ayant produit le plus grand nombre d'articles dans chaque sous-domaine de recherche. Les sous-domaines sont énumérés par ordre de rang, puis par ordre décroissant de MCR.

Selon les MCR, le Canada se classe parmi les 10 premiers pays au monde dans presque tous les sous-domaines. Il y a cependant des sous-domaines dans lesquels la recherche canadienne est relativement peu citée, se situant au-delà du dixième rang des pays du monde (voir le tableau 4.7). La MCR du Canada dans beaucoup de ces sous-domaines est inférieure à 1,0 (donc en dessous de la moyenne mondiale).

4.3 SYNTHÈSE SUR LA PRODUCTION ET L'IMPACT DE LA RECHERCHE

Pour connaître les points forts du Canada en S-T, il est important de prendre en considération tant la production que l'impact de la recherche. La figure 4.6 combine les deux types d'indicateurs bibliométriques pour les 20 domaines inclus dans cette évaluation. L'indice de spécialisation (IS), qui mesure le degré global d'activité de recherche du Canada dans chaque domaine par rapport à la moyenne mondiale, est représenté sur l'axe horizontal. La MCR, qui mesure l'impact général de la recherche canadienne selon les citations, est représentée sur l'axe vertical. La taille du cercle de chaque domaine correspond au nombre total d'articles canadiens produits dans le domaine en question. Les diagrammes sont subdivisés en quatre quadrants qui montrent la position relative du Canada dans les différents domaines de recherche :

- Les domaines qui se situent dans le quadrant supérieur droit (soit la majorité des domaines) sont sans équivoque des points forts du Canada. La recherche canadienne dans ces domaines fait l'objet de plus de citations que la moyenne mondiale, et ces domaines représentent une proportion plus élevée des publications canadiennes que ce que donnerait la moyenne mondiale.
- Le quadrant supérieur gauche contient les domaines qui constituent potentiellement des occasions de recherche pour le Canada. L'impact de la recherche canadienne dans ces domaines est élevé, mais ils représentent une proportion moins élevée des publications canadiennes que ce que donnerait la moyenne mondiale.
- Le quadrant inférieur gauche indique les domaines où le niveau et l'impact de la recherche sont tous deux faibles. Le Canada serait considéré comme faible par rapport aux autres pays dans ces domaines, mais aucun domaine de la recherche canadienne ne se situe dans ce quadrant.
- Enfin, le quadrant inférieur droit indique les domaines où le Canada a une production de recherche relativement élevée, mais où cette recherche a un impact relativement faible.

Comme le montrent ces figures, la recherche canadienne se classe avantageusement d'après ces indicateurs. Presque tous les domaines de recherche du Canada ont fait l'objet de plus de citations que la moyenne mondiale au cours des deux périodes étudiées. Cela donne à penser que la recherche canadienne a de manière générale un fort impact. Comme on l'a mentionné au paragraphe 4.2.2, la recherche canadienne fait l'objet de plus de citations que la moyenne mondiale dans les domaines suivants : arts visuels et arts de la scène; médecine clinique; physique et

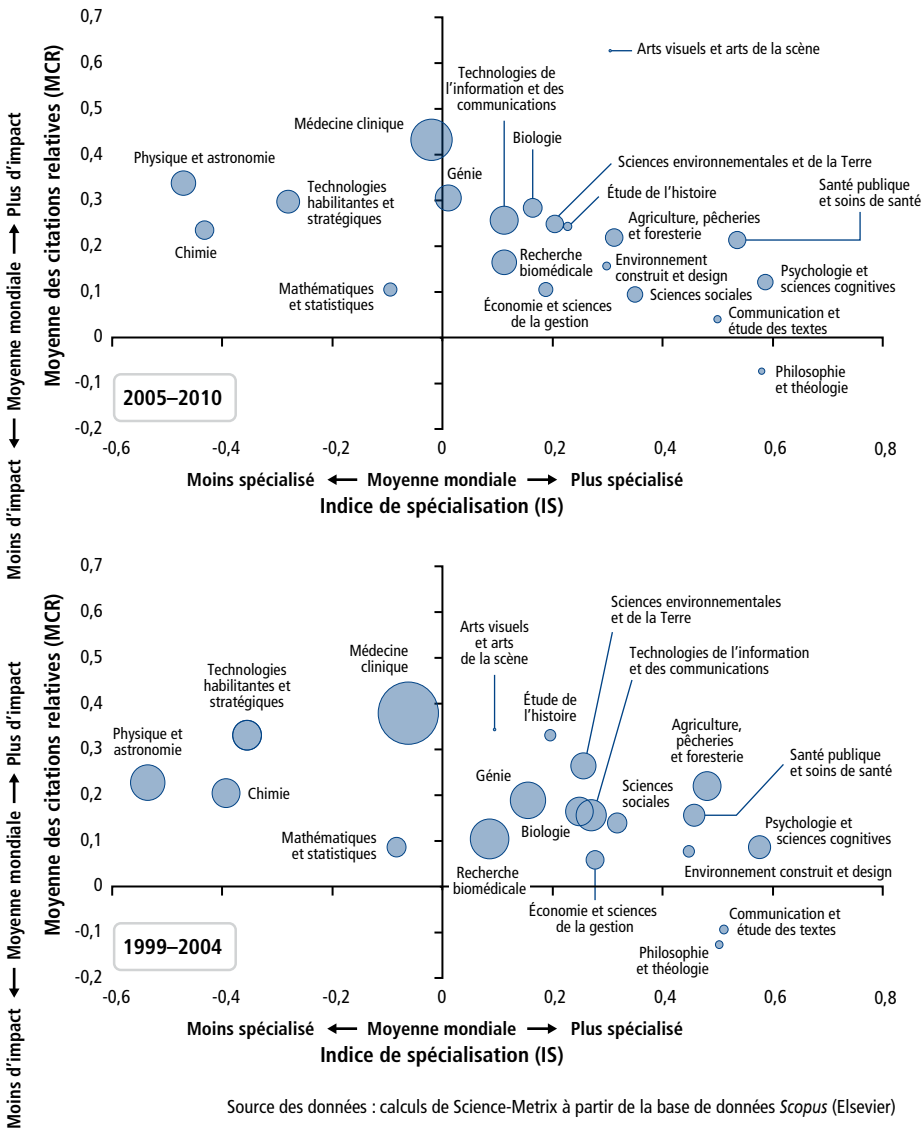


Figure 4.6

Analyse de la position du Canada dans 20 domaines de recherche, de 2005 à 2010 et de 1999 à 2004

Prenons le domaine du génie comme exemple de la manière de lire cette figure. De 2005 à 2010, ce domaine se situe plus haut sur l'axe des y (+0,3) que de 1999 à 2004 (+0,2), ce qui indique une croissance de l'impact bibliométrique de la recherche canadienne en génie. Par contre, le même domaine se situe plus à gauche sur l'axe des x (0) de 2005 à 2010 que de 1999 à 2004 (+0,17), ce qui indique une proportion du génie dans les articles canadiens plus faible que dans l'ensemble des articles publiés dans le monde. La figure montre donc, de la période 1999-2004 à la période 2005-2010, une augmentation de l'impact relatif de la recherche canadienne en génie, mais une diminution de la production relative. La taille des cercles est proportionnelle au nombre de publications dans chaque domaine. Afin d'améliorer la lisibilité des figures et de permettre une représentation symétrique des données, on a utilisé la tangente hyperbolique du logarithme naturel des MCR et des IS. Sur les deux axes, la valeur zéro correspond à la moyenne mondiale.

astronomie; génie, technologies habilitantes et stratégiques. De 2005 à 2010, pour ce qui est de la MCR, le Canada a été au-dessus de la moyenne mondiale dans tous les domaines sauf en philosophie et théologie.

Les MCR ont augmenté dans de nombreux domaines entre les périodes 1999-2004 et 2005-2010 (cela se traduit par une montée selon l'axe vertical). Cette évolution est significative pour plusieurs raisons. Cet impact plus grand pourrait venir en partie d'un apport de nouvelles publications de pays émergents en S-T comme la Chine, qui peuvent être moins citées et ainsi abaisser les moyennes mondiales. Par contre, une comparaison des deux graphiques de la figure 4.6 montre que les IS du Canada sont plus proches de la moyenne mondiale que dans le passé. On peut en déduire que la recherche canadienne se situe dans un contexte international de plus grande concurrence — puisqu'il y a moins de différence entre le Canada et les autres pays pour la concentration générale des activités de recherche dans différents domaines.

Des MCR élevées combinées à des IS faibles, comme c'est le cas en physique et astronomie ainsi qu'en chimie, indiquent les domaines qui constituent potentiellement des occasions de recherche pour le Canada. Ces combinaisons signifient que le Canada fait moins de recherche dans ces domaines par rapport à d'autres pays, mais que cette recherche est de grande qualité. Par contre, les domaines qui se situent dans le quadrant inférieur droit ont une production relativement élevée mais un impact moyen plus faible. Un seul domaine, celui de la philosophie et théologie, se situe dans ce quadrant pour la période la plus récente.

4.4 COMPARAISON AVEC LE RAPPORT DE 2006

Sous de nombreux aspects, les principaux résultats bibliométriques sont directement comparables à ceux présentés dans le rapport de 2006 du CAC sur l'état de la S-T. Il y a cependant deux différences importantes :

- Le présent rapport repose sur des données de la base de données *Scopus* d'Elsevier. Le comité d'experts a choisi cette source de données, plutôt que la base de données *Web of Science* maintenant tenue par Thomson Reuters, qui avait été utilisée en 2006, à cause de sa couverture plus complète des sciences humaines et des arts. Par conséquent, les données pour la période de 1999-2004 ont été recalculées à partir de la base de données *Scopus*.
- Le principal indicateur d'impact de la recherche utilisé dans ce rapport est la MCR. La MCR est une mesure d'impact plus directe que le facteur d'impact relatif moyen (FIRM) employé dans le rapport de 2006. Le FIRM est fondé sur le niveau de citation de la revue dans laquelle une recherche est publiée plutôt que sur le niveau de citation de l'article lui-même. En 2006, le comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie au Canada n'avait pas de MCR à sa disposition. Les deux mesures sont toutefois en général fortement corrélées.

Plusieurs des constatations rapportées en 2006 demeurent valables six ans plus tard. Par exemple, le Canada continue d'avoir une recherche à fort impact dans les domaines (selon leur désignation de 2006) de la médecine clinique et de la physique, une production abondante en psychologie et psychiatrie ainsi qu'en sciences de la Terre et de l'espace, et une faible production en chimie et en physique (CAC, 2006)¹⁴.

Par contre, il y a aussi des différences entre les constatations des deux rapports. Même si la production de recherche a augmenté pour la plus grande partie de la S-T canadienne au cours des six dernières années, elle a décliné dans certains domaines des ressources naturelles comme l'agriculture, les pêcheries et la foresterie. Le bon rendement du Canada en physique et astronomie est une autre constatation importante qui était absente du rapport de 2006. Même si l'indice de spécialisation demeure faible dans ce domaine, la recherche canadienne dans de nombreux segments de la physique et de l'astronomie est maintenant beaucoup citée. L'analyse plus approfondie effectuée dans le présent rapport à propos des sciences humaines et des arts révèle que le Canada produit une recherche à fort impact par rapport aux autres pays dans les domaines suivants : arts visuels et arts de la scène; étude de l'histoire; criminologie; administration et gestion.

4.5 CONCLUSIONS

Les indicateurs bibliométriques constituent une source précieuse de données probantes sur les points forts du Canada en recherche par rapport à d'autres pays. La publication d'articles dans des revues à comité de lecture constitue une partie vitale de l'activité de recherche dans la plupart des domaines scientifiques. Les données sur les modèles de publication de ces articles jettent un éclairage utile sur de nombreuses dimensions des activités de recherche. En particulier, ces mesures donnent de l'information sur la production totale de publications de recherche et sur l'impact de ces publications, reflété par les citations.

Dans une extension de l'analyse bibliométrique effectuée pour le rapport du CAC de 2006 sur l'état de la S-T, ce chapitre a passé en revue un ensemble de données probantes fondées sur ces types d'indicateurs. Les conclusions générales de cet examen sont à la fois claires et encourageantes. Tout d'abord, le Canada demeure dans le peloton de tête des pays pour la production totale de recherche scientifique. Le volume canadien de recherche est particulièrement important dans les domaines suivants : psychologie et sciences cognitives; santé publique et soins de santé; sciences environnementales et de la Terre; agriculture, pêcheries et foresterie.

14 Les noms de domaine mentionnés ici sont ceux qui ont été utilisés dans le rapport de 2006 du CAC sur l'état de la S-T.

Deuxièmement, la croissance de la production de recherche canadienne au cours de la dernière décennie a été relativement élevée. Alors que le taux de croissance du nombre de publications a été de l'ordre de 30 à 40 % dans la plupart des pays développés, le Canada a connu à ce chapitre une croissance de 59 % de 2005 à 2010 par rapport à la période 1999-2004. De plus, la part du Canada dans la production mondiale de publications a augmenté au cours des mêmes années. Cette augmentation est impressionnante, puisque la croissance mondiale du nombre de publications est fortement influencée par la croissance rapide du volume de recherche en Chine, en Inde et au Brésil. Voici les domaines de recherche qui ont connu la plus forte croissance au Canada : arts visuels et arts de la scène; philosophie et théologie; physique et astronomie; technologies habilitantes et stratégiques; médecine clinique, santé publique et soins de santé. La croissance dans les domaines de la santé publique et soins de santé, ainsi que de la psychologie et sciences cognitives, est remarquable parce que la part du Canada était déjà particulièrement élevée de 1999 à 2004 (voir le tableau 4.2). Les autres domaines où la part du Canada dans la production mondiale de publications était élevée de 1999 à 2004 ont décliné (agriculture, pêcheries et foresterie; environnement construit et design) ou sont demeurés stables (sciences environnementales et de la Terre), ce qui n'est pas surprenant étant donné la proportion élevée au départ.

Troisièmement, la recherche canadienne a de manière générale un fort impact, puisqu'elle fait l'objet de plus de citations que la moyenne mondiale dans tous les domaines sauf la philosophie et la théologie. De plus, le niveau d'impact de la recherche canadienne a augmenté au cours de la dernière décennie par rapport au reste du monde — malgré une augmentation de la concurrence, illustrée par le resserrement des indices de spécialisation (IS) de la recherche dans de nombreux domaines. Le Canada compte en outre 4,7 % des articles les plus cités au monde (soit le 1 % supérieur des publications scientifiques les plus citées), ce qui est davantage que sa part (4,1 %) de toutes les publications. L'impact de la recherche canadienne — mesuré par les MCR — est le plus élevé dans les domaines des arts visuels et arts de la scène, de la médecine clinique, ainsi que de la physique et astronomie, où le Canada est parmi les trois premiers pays au monde. La recherche canadienne se classe au premier rang mondial pour la MCR dans les neuf sous-domaines suivants : administration et gestion; anatomie et morphologie; astronomie et astrophysique; criminologie; dermatologie et maladies vénériennes; lettres classiques; médecine générale et interne; physique des particules et nucléaire; zoologie.

Les données probantes présentées dans ce chapitre montrent clairement que le Canada demeure l'un des premiers pays au monde pour la productivité et l'impact de sa recherche.

5

Stature et réputation de la S-T canadienne

- Enquête internationale auprès des chercheurs les plus cités
- Enquête auprès d'experts canadiens de la S-T
- Comparaison avec le rapport de 2006
- Conclusions

5 Stature et réputation de la S-T canadienne

Principales constatations

- La S-T canadienne jouit d'une très bonne réputation dans le monde. Parmi les chercheurs les plus cités qui ont participé à l'enquête internationale du comité, 37 % ont placé le Canada parmi les cinq premiers pays dans leur domaine pour l'originalité, l'impact et la rigueur de sa S-T, ce qui donne au Canada le quatrième rang mondial, derrière les États-Unis, le Royaume-Uni et l'Allemagne.
- Les domaines où le Canada s'est le mieux classé selon les chercheurs les plus cités au monde sont les suivants : agriculture, pêcheries et foresterie; psychologie et sciences cognitives; santé publique et soins de santé; sciences sociales; économie et sciences de la gestion; philosophie et théologie.
- Dans les domaines de recherche des sciences naturelles, des sciences de la santé et du génie, la réputation internationale du Canada en S-T est fortement corrélée avec sa part des articles les plus cités au monde. Ce n'est pas le cas dans les domaines des sciences humaines et des arts, ce qui signifie que des facteurs autres que bibliométriques expliquent la réputation du Canada dans ces domaines.
- Même si les experts canadiens de la S-T qui ont participé à l'enquête du comité estiment que la S-T canadienne est plus forte qu'en 2006, ils sont également plus susceptibles de dire qu'elle perd du terrain par rapport à d'autres pays.

Au chapitre précédent, on a présenté des données bibliométriques quantitatives à propos des publications évaluées par des pairs. Comme on l'a décrit au chapitre 2, il y a aussi de nombreux précédents d'évaluation de la S-T à partir de données qualitatives fondées sur des opinions. Par exemple, dans de nombreux pays, y compris le Canada, les décisions concernant le financement de projets de recherche par les organismes subventionnaires sont prises par des comités de sélection — et donc sur la foi de l'opinion de pairs (voir p. ex. CRSH, 2011). Des enquêtes d'opinion ont également servi à évaluer le rendement et les perspectives de la S-T à l'échelle nationale et internationale (voir p. ex. CAC, 2006; Battelle, 2010). Ce chapitre porte sur la réputation du Canada en S-T, à l'étranger comme au pays, telle qu'elle ressort de deux enquêtes d'opinion commandées par le comité d'experts : l'enquête internationale auprès des chercheurs les plus cités et l'enquête auprès d'experts canadiens de la S-T.

5.1 ENQUÊTE INTERNATIONALE AUPRÈS DES CHERCHEURS LES PLUS CITÉS

Comme on l'a décrit au chapitre 2, le comité a identifié les auteurs des articles de revues spécialisées les plus cités au monde de 2000 à 2008, et leur a demandé leur opinion sur la S-T dans leur sous-domaine¹⁵. Sur 44 868 courriels envoyés avec succès (après suppression des messages non acheminés) à des chercheurs, pour les inviter à participer à l'enquête, le comité a reçu 5 154 réponses¹⁶.

Les résultats des questions 1 à 4 (voir l'encadré 5.1) sont présentés dans cette section. La question 5 est abordée au chapitre 8.

Encadré 5.1

Résumé des questions posées dans l'enquête internationale auprès des chercheurs les plus cités

1. Lequel des domaines généraux et sous-domaines suivants correspond le mieux à votre domaine d'expertise?
2. Dans votre domaine d'expertise, quels sont les cinq premiers pays au monde quant à l'originalité, à l'impact et à la rigueur de leur recherche?
3. Que pensez-vous de la force du Canada en matière de recherche dans votre domaine, par comparaison à d'autres pays avancés?
4. Au cours de votre carrière, avez-vous visité, travaillé ou étudié dans une université ou un établissement de recherche du Canada, ou avez-vous travaillé en collaboration avec des chercheurs canadiens?
5. Le Canada a-t-il des infrastructures ou des programmes de recherche qui revêtent de l'importance à l'échelle mondiale?

L'appendice 5, accessible en ligne à l'adresse www.sciencepourlepublic.ca, donne le questionnaire dans son intégralité.

5.1.1 Répartition des répondants à l'enquête

Les répondants à l'enquête provenaient de 40 pays. Les répondants de certains pays (Canada, Italie et Australie) ont été proportionnellement plus nombreux que la population sondée (voir le tableau 5.1). Par contre, les États-Unis, la Chine et le Japon ont été moins représentés parmi les répondants que dans la population sondée.

15 Voir les détails méthodologiques au chapitre 2. D'autres données sont disponibles à l'appendice 5 et à www.sciencepourlepublic.ca.

16 Le taux de réponse à cette enquête a été de 11,5 %. La marge d'erreur de l'enquête est de 1,3 % 19 fois sur 20. Cette marge d'erreur augmente dans le cas des résultats de sous-groupes (p. ex. analyse par domaine).

Tableau 5.1

Répartition par pays de l'échantillon et des répondants

Pays	Nombre d'auteurs dans l'échantillon	Pourcentage de l'échantillon total	Nombre de réponses reçues	Pourcentage du nombre total de réponses reçues
États-Unis	22 117	41,0	1 721	33,4
Royaume-Uni	4 737	8,8	489	9,5
Allemagne	3 350	6,2	281	5,5
Chine	2 966	5,5	144	2,8
Canada	2 360	4,4	360	7,0
France	2 210	4,1	238	4,6
Japon	1 616	3,0	97	1,9
Italie	1 551	2,9	223	4,3
Pays-Bas	1 511	2,8	148	2,9
Australie	1 239	2,3	156	3,0
Suisse	1 226	2,3	118	2,3
Autres	9 071	16,8	1 179	22,9
Totaux	53 954	100,0	5 154	100,0

À cause des différences significatives entre les répondants et la population sondée ($p < 0,01$) dans certains pays, les données ont été pondérées afin de corriger la surreprésentation ou la sous-représentation. Par exemple, les Canadiens comptaient 4,4 % des chercheurs les plus cités, mais 7,0 % de ceux qui ont répondu. Après pondération, les Canadiens comptent pour 4,4 % dans les analyses qui suivent. Dans l'ensemble, cette pondération a modifié de moins de 1 % le nombre de personnes qui plaçaient chaque pays parmi les cinq premiers au monde.

Même en utilisant une pondération afin d'éliminer le biais lié au choix de répondre ou non, on pourrait penser qu'une auto-sélection explique certains résultats. Les chercheurs canadiens les plus cités n'ont pas été exclus de la population sondée, mais les résultats pour le Canada ne peuvent pas s'expliquer par une autopromotion, puisque 37 % de tous les répondants ont placé le Canada parmi les cinq premiers pays au monde dans leur domaine, alors que seulement 7 % (4,4 % après pondération) des répondants provenaient du Canada. De la même manière, 94 % des répondants ont considéré les États-Unis comme l'un des premiers pays dans leur domaine, alors que seulement 33 % (41 % après pondération) des répondants provenaient des États-Unis. De plus, seulement 9 % des répondants avaient travaillé ou étudié au Canada, et 28 % n'avaient aucune expérience personnelle ou association avec le Canada ou des chercheurs canadiens (voir le tableau 5.2). On peut raisonnablement conclure que la grande majorité des répondants ont fondé leur évaluation de la S-T canadienne uniquement sur ses contributions et sa réputation scientifiques.

Tableau 5.2

Liens des répondants avec le Canada

Réponse à la question sur les liens antérieurs des répondants avec le Canada		
Réponse	Fréquence	Pourcentage
Non, jamais.	1 446	28,0
Oui, j'ai travaillé en recherche dans une université canadienne.	403	7,8
Oui, j'ai travaillé en recherche au sein d'une entreprise canadienne.	5	0,1
Oui, j'ai étudié au Canada.	56	1,1
Oui, j'ai travaillé en collaboration avec des chercheurs canadiens.	994	19,3
Oui, j'[en] ai visité (un établissement de recherche au Canada).	2 231	43,3
Ne sais pas/Pas de réponse	20	0,4
Totaux	5 154	100,0

5.1.2 Réputation de la recherche canadienne

Selon les résultats de l'enquête, la S-T canadienne jouit d'une bonne réputation chez les chercheurs les plus cités au monde. Dans l'ensemble, 37 % des répondants ont placé le Canada parmi l'un des cinq premiers pays au monde dans leur sous-domaine de recherche (voir la figure 5.1). Le Canada vient au quatrième rang des pays les plus souvent cités parmi les cinq premiers, derrière les États-Unis, le Royaume-Uni et l'Allemagne¹⁷.

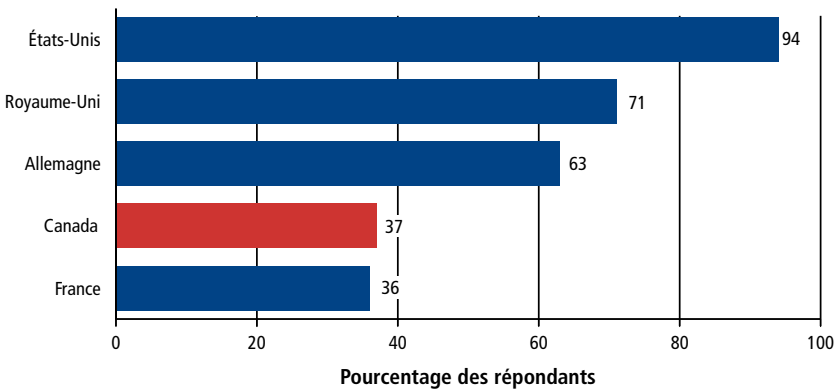


Figure 5.1

Les cinq premiers pays pour leur réputation internationale en S-T

Cette figure montre le pourcentage des répondants qui ont placé ces pays parmi les cinq premiers pays dans leur sous-domaine de recherche. Seuls les cinq pays les plus souvent mentionnés sont représentés dans la figure. Parmi les répondants, 37 % ont placé le Canada parmi les cinq premiers pays au monde dans leur domaine.

17 Il se pourrait que ces résultats soient entachés d'un biais en faveur de la langue anglaise. L'anglais est la langue commune dans la plupart des publications scientifiques, et les pays, par exemple le Japon, la Corée du Sud et la Chine, où la S-T se fait dans une langue autre que l'anglais pourraient être désavantagés.

De plus, les deux-tiers des répondants ont affirmé que, dans leur domaine, la recherche canadienne est forte par rapport à d'autres pays avancés (voir la figure 5.2), 42 % de tous les répondants la qualifiant de « très forte ».

Le Canada a une réputation d'excellence dans de nombreux domaines de recherche. La figure 5.3 montre les pays qui se classent en tête par le pourcentage de chercheurs qui les placent parmi les cinq premiers au monde dans chaque domaine. Les États-Unis sont arrivés en tête dans tous les domaines de recherche sauf un : les États-Unis ont été placés parmi les cinq premiers pays au monde dans leur domaine par plus de répondants que tout autre pays. Le Canada figure parmi les cinq premiers pays dans les trois-quarts des domaines. Il se classe deuxième dans le domaine de l'agriculture, des pêcheries et de la foresterie. Il se classe troisième dans les domaines suivants : économie et sciences de la gestion; philosophie et théologie; psychologie et sciences cognitives; santé publique et soins de santé; sciences sociales. Dans 11 domaines, au moins 40 % des répondants ont placé le Canada parmi les cinq premiers pays au monde.

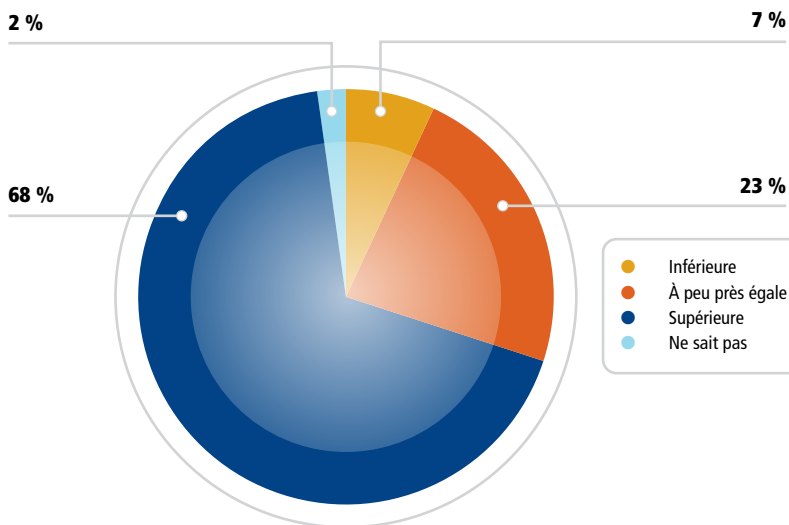
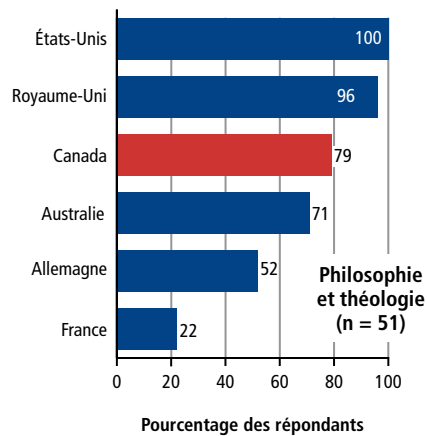
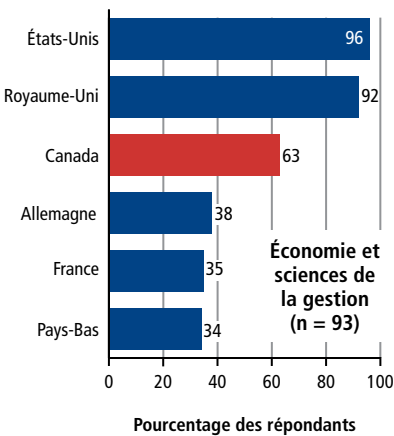
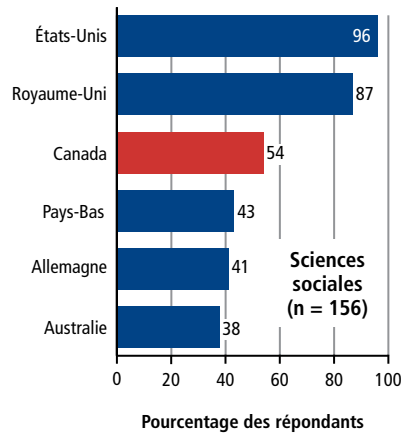
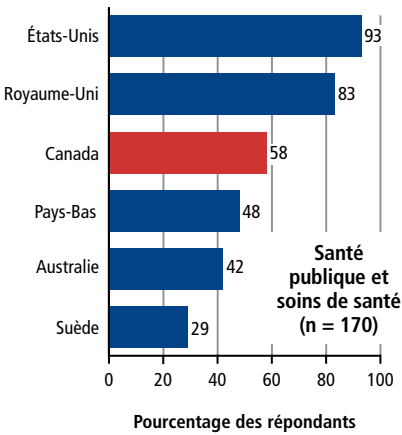
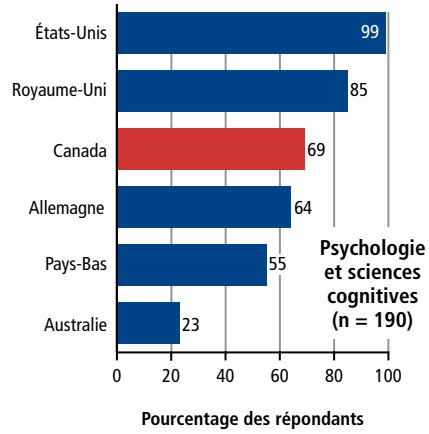
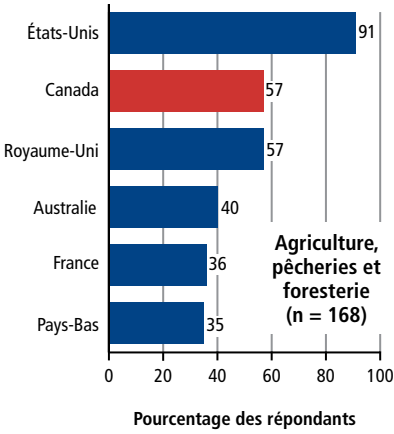
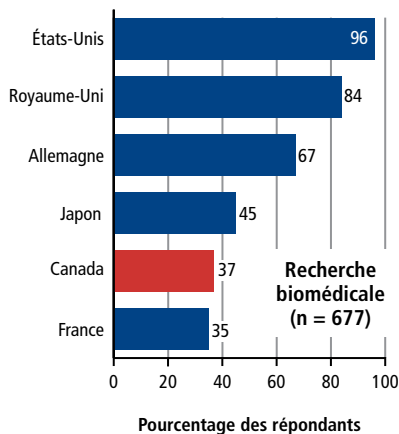
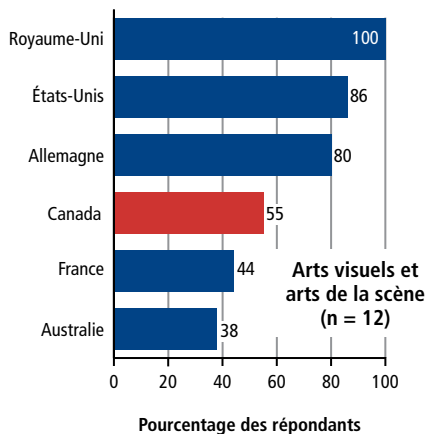
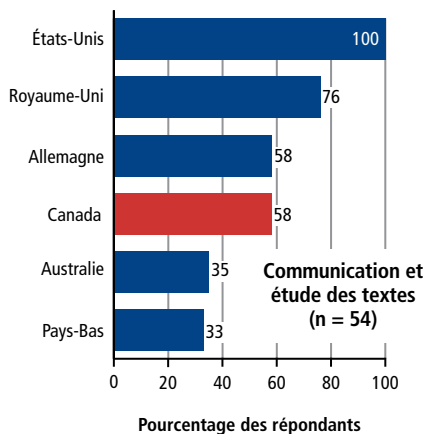
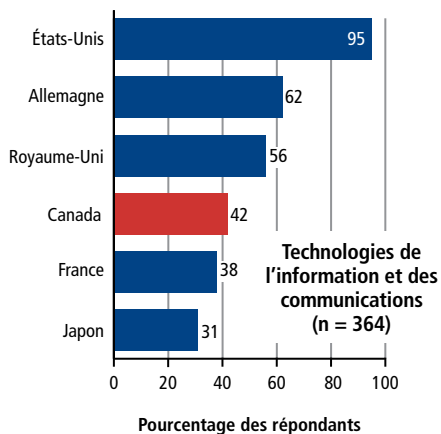
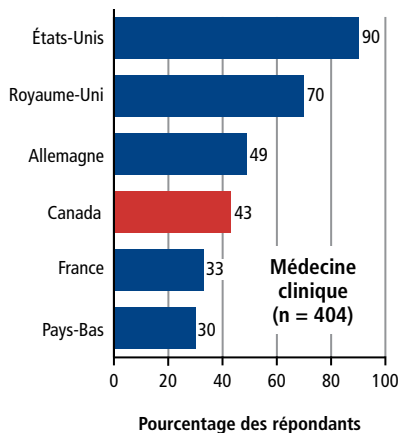
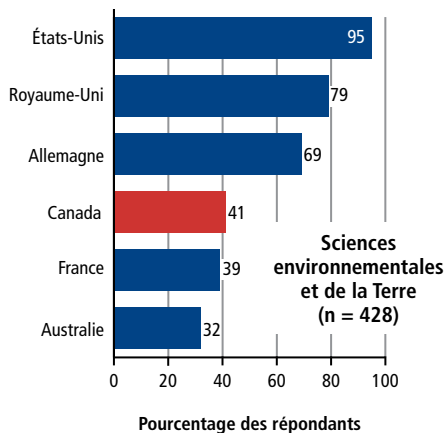


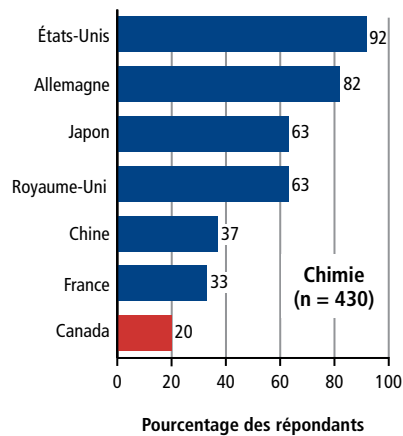
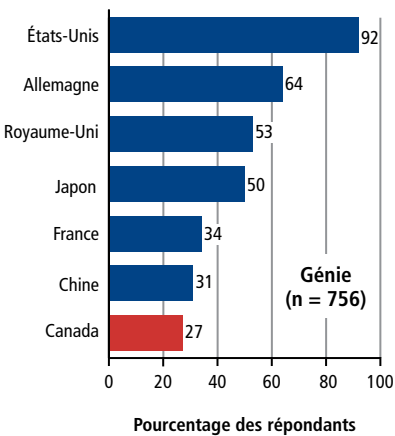
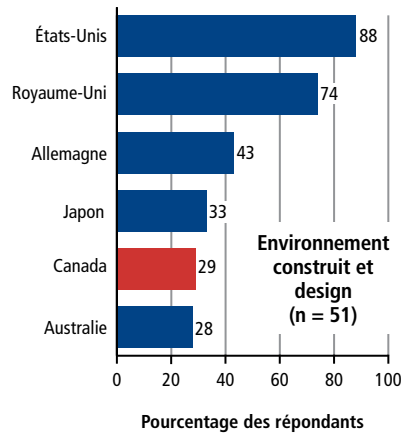
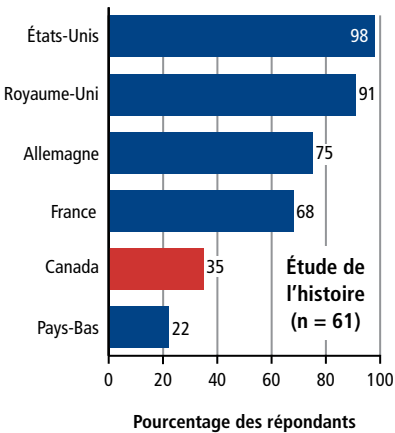
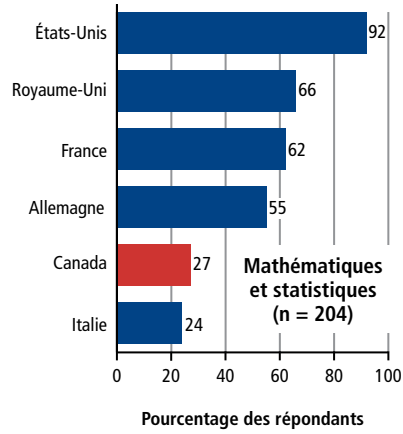
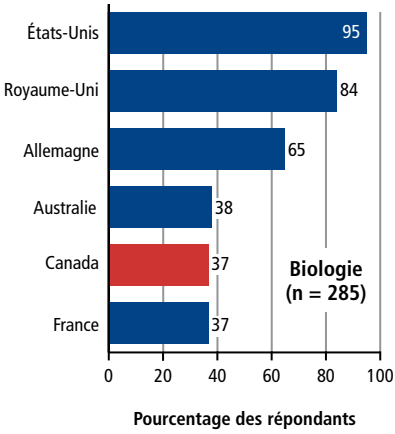
Figure 5.2

Réputation internationale du Canada en S-T

Cette figure montre le pourcentage des répondants qui ont qualifié de « supérieure » (de 5 à 7 sur une échelle de 7), « à peu près égale » (4 sur 7) ou « inférieure » (de 1 à 3 sur 7) la recherche canadienne dans leur domaine par rapport à d'autres pays avancés.







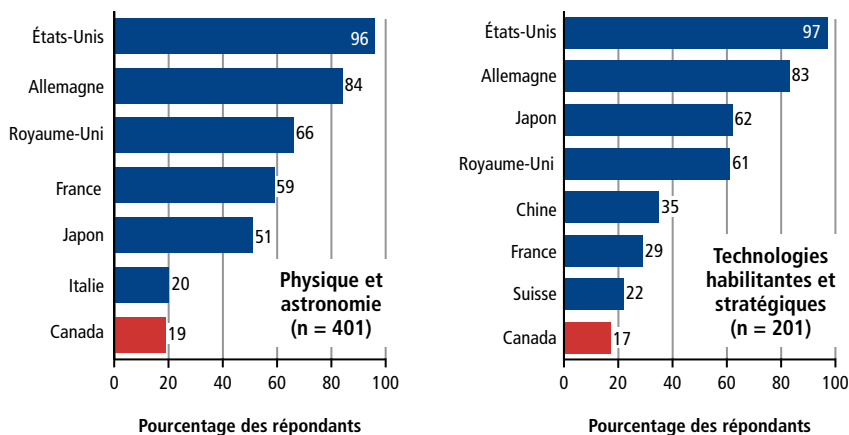


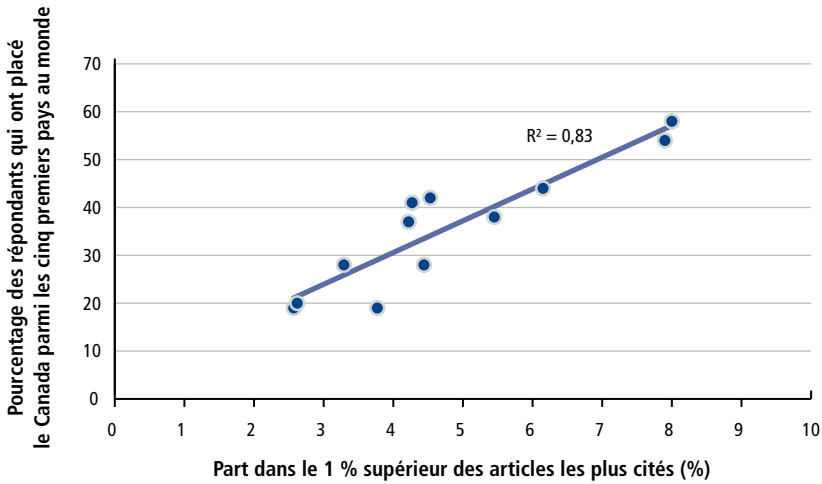
Figure 5.3

Résultats du sondage mené auprès des chercheurs les plus cités au monde pour chaque domaine de recherche

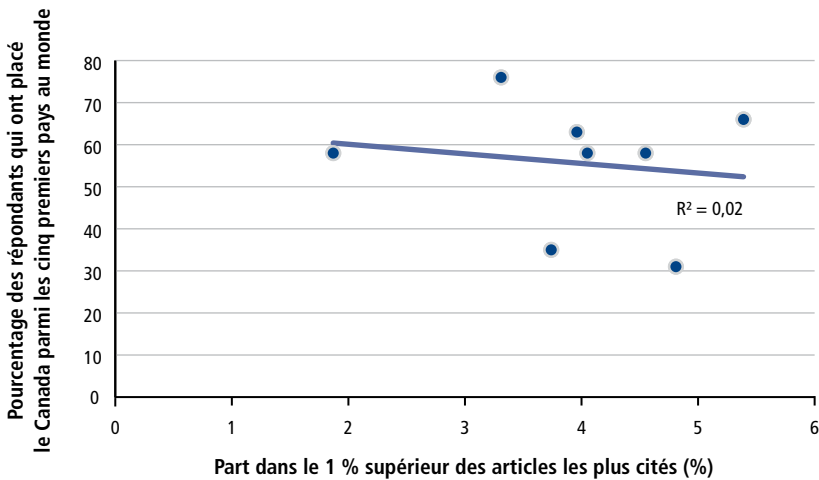
Chaque graphique montre le pourcentage, pondéré selon chaque pays, des répondants qui ont placé ces pays parmi les cinq premiers pays dans leur domaine. Le nombre (« n ») indiqué entre parenthèses est le nombre de répondants qui ont indiqué être experts dans le domaine en question. Les domaines sont représentés selon l'ordre du rang obtenu par le Canada dans le monde, puis par ordre décroissant du nombre de répondants.

Dans plusieurs domaines, il y a une forte concordance entre les résultats de l'enquête et le classement bibliométrique donné par les MCR (voir le chapitre 4). Par exemple, le Canada fait partie des cinq premiers pays au monde selon les deux mesures dans les domaines suivants : psychologie et sciences cognitives; arts visuels et arts de la scène; étude de l'histoire; médecine clinique. Il y a cependant beaucoup d'écarts entre les deux types de données. Par exemple, 79 % des répondants à l'enquête ont placé le Canada parmi les cinq premiers pays au monde en philosophie et théologie — la plus haute proportion de tous les domaines — et pourtant la MCR du Canada dans ce domaine est inférieure à la moyenne mondiale. La figure 5.4 peut aider à expliquer ces écarts, du moins en partie. La partie (a) montre qu'en sciences naturelles, en génie et en sciences de la santé, il y a une forte corrélation entre le pourcentage de répondants à l'enquête qui ont placé le Canada parmi les cinq premiers pays au monde et la part du Canada dans le 1 % supérieur des articles les plus cités (voir le tableau 4.4). Par contre, la partie (b) montre que, dans les domaines des sciences humaines et des arts¹⁸, l'absence de corrélation entre les résultats de l'enquête et la part du Canada dans les articles les plus cités suggère

18 En général, il y a eu moins de réponses dans les domaines des sciences humaines et des arts que dans ceux des sciences naturelles, des sciences de la santé et du génie, d'où un degré de confiance statistique moindre.



a) Sciences naturelles, sciences de la santé et génie



b) Sciences humaines et arts

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

Figure 5.4

Relation entre un indicateur bibliométrique et la réputation

Cette figure montre la relation entre la part du Canada dans le 1 % supérieur des articles les plus cités et le pourcentage des chercheurs les plus cités au monde qui placent le Canada dans les cinq premiers pays dans chaque domaine : a) des sciences naturelles, des sciences de la santé et du génie; b) des sciences humaines et des arts. Chaque point d'un graphique représente un seul domaine.

que la réputation internationale dans ces domaines dépend largement de facteurs non bibliométriques tels que la publication de livres et de chapitres de livre (voir la section 2.4).

Quelles que soient les raisons qui sous-tendent l'opinion internationale à propos de la recherche canadienne, le message d'ensemble est clair : la recherche canadienne jouit d'une très bonne réputation dans le monde.

5.2 ENQUÊTE AUPRÈS D'EXPERTS CANADIENS DE LA S-T

L'enquête du comité auprès d'experts canadiens de la S-T (voir l'encadré 5.2) a complété l'enquête internationale et a permis de faire une comparaison avec une enquête similaire effectuée pour le rapport de 2006 du CAC sur l'état de la S-T. Sur les 8513 experts canadiens de la S-T ciblés pour cette enquête, 679 ont répondu^{19, 20}.

Les résultats des questions 1 et 4 sont présentés dans cette section. La question 2 est abordée au chapitre 8, et la question 3 au chapitre 6.

Encadré 5.2

Résumé des questions posées dans l'enquête auprès d'experts canadiens de la S-T

1. Pour chacun des sous-domaines pour lesquels vous vous sentez à l'aise de vous exprimer, veuillez donner votre opinion sur l'originalité, l'impact et la rigueur de la recherche canadienne par rapport à d'autres pays avancés, ainsi que sur l'évolution générale de la force du Canada au cours des cinq dernières années. Veuillez indiquer quels sont les trois meilleurs territoires ou provinces dans ce sous-domaine.
2. Quelles infrastructures du Canada en S-T lui confèrent des avantages significatifs par rapport à d'autres pays avancés?
3. Parmi les domaines de recherche dont l'importance augmente, quels sont ceux où le Canada est le mieux placé pour faire partie des chefs de file mondiaux? Veuillez choisir jusqu'à cinq domaines.
4. En tenant compte de tous les aspects de S-T canadienne, quelle opinion avez-vous de l'état général du Canada par rapport à d'autres pays avancés, et quelle opinion avez-vous à propos de son évolution au cours des cinq dernières années?

L'appendice 6, accessible en ligne à l'adresse www.sciencepourlepublic.ca, donne le questionnaire dans son intégralité.

19 Le taux de réponse à cette enquête a été de 8,0 %. La marge d'erreur de l'enquête est de 3,6 % 19 fois sur 20. Cette marge d'erreur augmente dans le cas des résultats de sous-groupes (p. ex. analyse par domaine).

20 Voir les détails méthodologiques au chapitre 2. D'autres données sont disponibles à l'appendice 6 et à www.sciencepourlepublic.ca.

Les résultats de l'enquête montrent que, par comparaison aux autres pays avancés, le Canada est considéré comme fort dans tous les domaines de la S-T, et en particulier les suivants : agriculture, pêcheries et foresterie; mathématiques et statistiques; sciences environnementales et de la Terre; génie. Chacun de ces domaines a été cité comme un point fort par plus de 70 % des répondants (voir le tableau 5.3). Cette vision des points forts du Canada par rapport aux autres pays avancés est en accord avec les résultats de l'enquête internationale.

Tableau 5.3

Opinion des experts canadiens de la S-T sur les points forts et les tendances du Canada dans chaque domaine, par comparaison à d'autres pays avancés

Domaine	Pourcentage des répondants			Pourcentage des répondants		
	Supérieure	À peu près égale	Inférieure	Gagne du terrain	Demeure stable	Prend du retard
Santé publique et soins de santé	65	31	5	26	64	10
Mathématiques et statistiques	76	20	4	24	62	15
Arts visuels et arts de la scène	68	18	14	22	72	6
Communication et étude des textes	55	32	13	21	66	14
Psychologie et sciences cognitives	67	27	6	15	81	4
Économie et sciences de la gestion	66	30	5	14	80	6
Technologies habilitantes et stratégiques	62	34	4	13	66	21
Philosophie et théologie	65	30	5	12	82	6
Sciences sociales	60	34	6	12	77	11
Sciences environnementales et de la Terre	71	22	7	10	64	26
Environnement construit et design	50	36	14	10	83	7
Étude de l'histoire	53	35	12	9	76	15
Génie	70	27	3	8	74	17
Recherche biomédicale	62	35	3	8	74	18
Physique et astronomie	56	40	4	8	83	10
Agriculture, pêcheries et foresterie	78	19	3	7	75	19
Médecine clinique	55	39	6	7	78	16
Chimie	53	45	2	6	66	29
Technologies de l'information et des communications	64	29	7	5	82	12
Biologie	57	33	10	5	79	16

Remarque : Le tableau est trié par ordre décroissant de la colonne « Gagne du terrain ». La force du Canada a été notée sur une échelle de 1 à 7 et qualifiée de « supérieure » (de 5 à 7), « à peu près égale » (4 sur 7) ou « inférieure » (de 1 à 3). Les répondants ont donné leur opinion à l'échelle des sous-domaines, et les réponses ont été regroupées pour donner les résultats de ce tableau. L'appendice 6 (accessible à www.sciencepourlepublic.ca) donne les résultats pour tous les sous-domaines.

En ce qui concerne l'évolution des atouts du Canada, les experts canadiens ont fait état d'une stabilité dans la plupart des domaines. Plus de 20 % des répondants ont dit avoir le sentiment que le Canada gagne du terrain dans les domaines suivants : santé publique et soins de santé; mathématiques et statistiques; arts visuels et arts de la scène; communication et étude des textes. Par contre, plus de 20 % des répondants se sont dit préoccupés par le fait que le Canada prend du retard dans les domaines suivants : chimie; sciences environnementales et de la Terre; technologies habilitantes et stratégiques. Dans ces derniers domaines, le Canada obtient aussi de moins bons résultats d'après les mesures bibliométriques (voir le chapitre 4).

5.2.1 Comparaison des enquêtes internationale et canadienne

Comme on l'a décrit plus haut, le comité d'experts a mené deux enquêtes distinctes, avec des méthodes différentes, pour recueillir des opinions sur l'état de la S-T au Canada. Même si les méthodes d'échantillonnage et les questions posées étaient différentes dans les deux enquêtes, il y avait une question commune aux deux, où l'on demandait aux répondants d'évaluer sur une échelle de 1 à 7 la recherche du

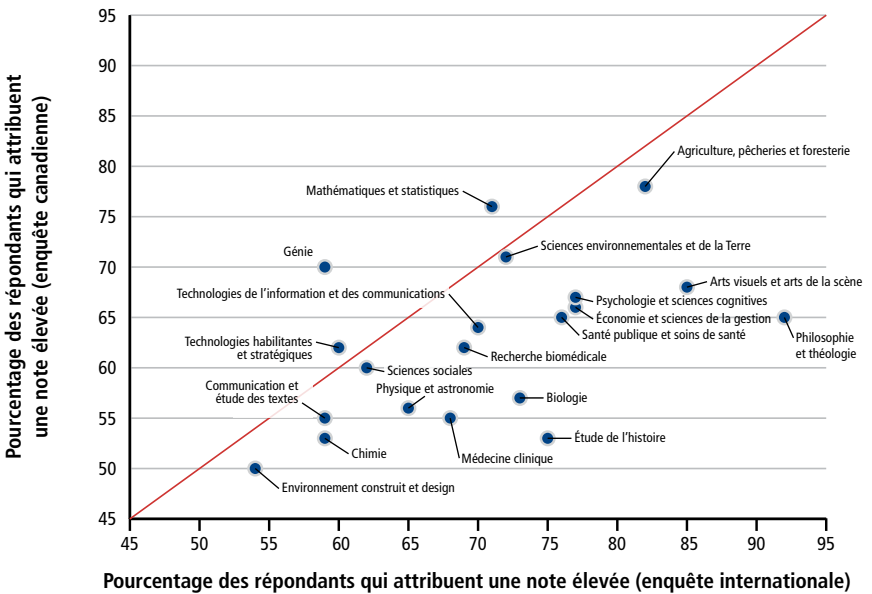


Figure 5.5

Comparaison de la perception des points forts du Canada par les chercheurs les plus cités au monde et par les experts canadiens de la S-T

Pourcentage des répondants qui ont qualifié de « supérieure » (de 5 à 7 sur une échelle de 7) la recherche canadienne. La diagonale est le lieu où les deux enquêtes donnent les mêmes pourcentages. Les domaines représentés au-dessus de cette diagonale sont mieux notés par les experts canadiens, alors que ceux qui sont en dessous sont mieux notés par les chercheurs les plus cités au monde.

Canada par rapport à celle des pays avancés, une note de 5 ou plus étant considérée comme forte. La figure 5.5 montre que, d'une manière générale, les Canadiens sont moins portés que les chercheurs les plus cités au monde à accorder de fortes notes au Canada.

Le comité est d'avis que, même si les deux enquêtes sont pertinentes, celle qui a été menée auprès des chercheurs les plus cités au monde est plus fiable parce que l'on a demandé à ces derniers de ne répondre que dans leur sous-domaine de compétence, alors que l'on a invité les experts canadiens de la S-T à coter tous les sous-domaines pour lesquels ils estimaient avoir des connaissances suffisantes. D'autre part, le nombre de répondants a été beaucoup plus élevé dans l'enquête internationale.

5.3 COMPARAISON AVEC LE RAPPORT DE 2006

Aucune enquête n'a été menée auprès des chercheurs les plus cités au monde pour le rapport de 2006, et cela constitue un ajout important qui apporte une perspective extérieure sur la S-T canadienne.

L'enquête menée auprès d'experts canadiens de la S-T pour les fins de ce rapport a été semblable à celle qui a servi à l'étude de 2006. Les principales différences résident dans l'utilisation de la nouvelle classification des domaines et sous-domaines de recherche définie par Science-Metrix, afin d'assurer la compatibilité des résultats avec d'autres éléments de l'évaluation, ainsi que dans la méthode d'échantillonnage (voir le chapitre 2). Par conséquent, on ne peut pas comparer avec précision les résultats des enquêtes de 2006 et de 2011 à l'échelle des sous-domaines, et il peut même y avoir des différences dans la désignation des domaines. En général toutefois, les notes moyennes ont été plus élevées dans l'enquête de 2011. En 2006, seulement trois grands domaines avaient reçu une forte note de la part d'au moins 60 % des répondants, alors qu'en 2011, 13 domaines de recherche sur 22 ont reçu une telle note.

Les sciences humaines et les arts n'avaient pas reçu de notes très fortes dans l'enquête de 2006. Par contre, dans l'évaluation de 2011 à l'échelle des domaines, plusieurs de ces domaines ont eu des classements assez élevés. Ce fut le cas notamment des domaines suivants : arts visuels et arts de la scène; psychologie et sciences cognitives²¹; économie et sciences de la gestion; philosophie et théologie.

21 Certains sous-domaines de la psychologie et des sciences cognitives sont toutefois normalement considérés comme faisant partie des sciences de la santé ou des sciences naturelles.

L'aspect le plus comparable des enquêtes de 2006 et de 2011 est l'évaluation générale des points forts et de l'évolution du Canada en S-T. En comparant les réponses aux mêmes questions, les experts canadiens de la S-T ont répondu en 2011 que le Canada était devenu plus fort en S-T qu'en 2006. Cependant, ils étaient plus enclins à dire que le Canada prenait du retard par rapport aux autres pays (voir le tableau 5.4). Cette perception peut être liée à une préoccupation générale sur les niveaux d'investissement dans la recherche par rapport aux principaux concurrents du Canada en S-T, et dans des pays émergents comme la Chine et l'Inde, plutôt qu'à une inquiétude précise concernant leur propre domaine de recherche (voir le tableau 5.3).

Tableau 5.4

Opinions sur l'état général de la S-T au Canada selon les enquêtes de 2006 et de 2011

	Supérieur	Moyen	Inférieur	Gagne du terrain	Demeure stable	Prend du retard
2006	46 %	28 %	26 %	28 %	33 %	39 %
2011	57 %	29 %	14 %	15 %	35 %	50 %

5.4 CONCLUSIONS

Les enquêtes internationale et canadienne montrent toutes deux de manière très probante que la S-T canadienne jouit d'une très bonne réputation. Dans l'enquête internationale auprès des chercheurs les plus cités, le Canada s'est classé quatrième parmi tous les pays pour la fréquence avec laquelle il a été mentionné comme chef de file mondial. Les deux-tiers de tous les répondants ont indiqué que le Canada a des atouts significatifs dans leur domaine de recherche par rapport aux autres pays. Les experts canadiens de la S-T semblent d'accord avec ce point de vue, 57 % des répondants indiquant que le système de S-T du Canada est fort par comparaison aux autres pays, même si en général les experts canadiens ont tendance à donner à la science canadienne une cote moins élevée que les chercheurs les plus cités au monde. Ensemble, les résultats des deux enquêtes appuient solidement les activités de recherche du Canada, en particulier lorsqu'on les combine avec les autres outils, notamment bibliométriques, employés dans cette évaluation. Cette synthèse fait l'objet des chapitres 10 et 11.

6

Collaboration, grappes et nouvelles technologies

- **Contexte de la collaboration internationale en recherche**
- **Collaboration mondiale en recherche**
- **Analyse de grappes d'activités de recherche connexes**
- **Nouveaux domaines de recherche identifiés par les experts canadiens**
- **Conclusions**

6 Collaboration, grappes et nouvelles technologies

Principales constatations

- Les chercheurs canadiens collaborent beaucoup avec des chercheurs d'autres pays avancés, dont les États-Unis, le Royaume-Uni, la France, l'Allemagne, la Chine et le Japon.
- Le degré de collaboration du Canada est particulièrement élevé dans les domaines des arts visuels et arts de la scène ainsi que de la médecine clinique.
- Selon une analyse bibliométrique des grappes de recherche, le Canada produit une recherche à fort impact liée à plusieurs grappes en médecine et en physique, et est très actif dans les grappes liées à la géologie et à l'extraction de minéraux.
- Les grappes de recherche qui connaissent la croissance la plus rapide au Canada sont liées aux domaines suivants : technologies de réseau et sans fil; traitement de l'information et informatique; analyse évoluée de données; médias numériques; reconnaissance de la parole et des images; nanotubes de carbone et graphène; technologie des piles à combustible; sciences de l'espace et des planètes.
- Selon les experts canadiens de la S-T, le Canada est bien placé pour devenir un chef de file mondial des technologies liées à la médecine et aux soins de santé personnalisés, ainsi qu'à l'énergie.

Les données probantes sur les points forts du Canada en S-T présentées au chapitre 4 reposent principalement sur des techniques bibliométriques standard liées à des décomptes de publications et de citations. Ces indicateurs n'englobent toutefois pas toutes les dimensions de l'activité du pays en S-T. En particulier, la bibliométrie standard ne permet pas de dégager de modèles de collaboration entre chercheurs et peut ne pas détecter les activités de recherche qui ont un caractère interdisciplinaire.

Ce chapitre fournit quelques données tirées de techniques bibliométriques de pointe (voir l'encadré 6.1), conçues pour analyser ces autres aspects du paysage scientifique. En particulier, il présente des modèles de collaboration entre chercheurs canadiens et étrangers (à partir d'articles de recherche rédigés en commun), ainsi que des grappes d'articles de recherche connexes, qui constituent un autre moyen d'évaluer les points forts du Canada en recherche. Ces techniques sont à la fine pointe de la recherche bibliométrique et ne sont donc pas aussi éprouvées ou acceptées que celles de la bibliométrie traditionnelle, mais elles sont importantes de par leur capacité à transcender les frontières entre disciplines. La dernière section du chapitre fournit des données, tirées de l'enquête menée auprès d'experts canadiens de la S-T, sur les technologies nouvelles dans lesquelles le Canada est bien placé pour devenir un chef de file mondial.

Encadré 6.1

Indicateurs bibliométriques employés dans ce chapitre

Nombre de collaborations internationales — Nombre de publications par pays ou par domaine dont au moins l'un des co-auteurs appartient à une institution d'un autre pays.

Indice de collaboration (ICo) — Mesure de l'ampleur de la recherche en collaboration dans un pays ou dans un domaine, par rapport au volume total de publications produit dans le pays en question. Une valeur supérieure à 1,0 indique un degré de collaboration plus élevé que ce que donnerait en moyenne le nombre d'articles produits, alors qu'une valeur inférieure à 1,0 indique un degré de collaboration inférieur à ce à quoi l'on pourrait s'attendre.

Affinité de collaboration (ACo) — Mesure du degré de collaboration d'un pays avec un autre, en fonction du nombre de publications ayant des co-auteurs des deux pays en question. L'ACo repose sur un calcul asymétrique de l'indice de collaboration (le fait que le Canada a une forte affinité de collaboration envers un pays donné n'implique pas nécessairement que ce pays ait une forte affinité de collaboration envers le Canada). Une valeur supérieure à 1,0 indique un degré de collaboration plus élevé que ce que donnerait en moyenne le nombre d'articles produits, alors qu'une valeur inférieure à 1,0 indique un degré de collaboration inférieur à ce à quoi l'on pourrait s'attendre.

L'appendice 1 explique plus en détail les méthodes employées pour calculer chacun de ces indicateurs.

6.1 CONTEXTE DE LA COLLABORATION INTERNATIONALE EN RECHERCHE

La recherche scientifique se fait de plus en plus en collaboration. À l'heure actuelle, plus de 35 % des articles publiés dans des revues scientifiques internationales ont des auteurs de plus d'un pays — contre 25 % il y a 15 ans (Société royale de Londres, 2011). Cette augmentation est due à de nombreux facteurs. Grâce aux progrès de la technologie des télécommunications, la collaboration entre plusieurs pays est plus rapide, plus facile et moins coûteuse. De plus, la recherche scientifique elle-même est de plus en plus mondialisée. Des pays comme la Chine, l'Inde et le Brésil ont des institutions scientifiques en croissance rapide qui fournissent de nouvelles occasions de collaboration. Enfin, de nouveaux réseaux et collectivités (physiques et virtuels) se

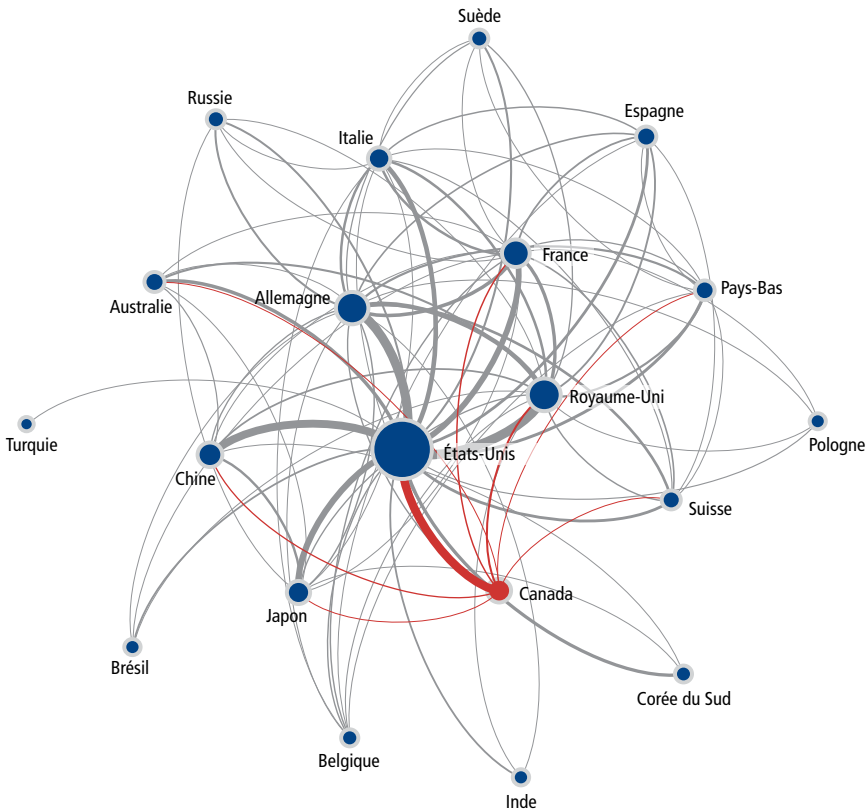
forment et relient des collègues chercheurs dans le monde entier, facilitant d'autant la collaboration (la Société royale de Londres (2011) a procédé récemment à un examen des tendances en matière de collaboration scientifique mondiale).

La collaboration ne doit toutefois pas être nécessairement interprétée comme une marque de qualité. Dans certains cas, un degré élevé de collaboration internationale peut être vu comme une indication que la recherche canadienne dans un domaine donné suscite un intérêt planétaire. Dans d'autres cas, un degré relativement faible de collaboration internationale peut tout simplement être le signe qu'une recherche revêt une importance purement canadienne. Des collaborations de recherche peuvent en outre être lancées en réponse à des signaux de politique publique. De nombreux programmes actuels de financement de la recherche visent spécifiquement à catalyser la collaboration. Par exemple, le programme cadre n° 7 de l'Union européenne, doté de 10 milliards d'euros pour le financement de la recherche en 2012 (Commission européenne, 2011), n'accepte que les demandes soumises par chercheurs de plus d'un pays et favorise une collaboration intra-européenne considérable (Commission européenne, 2012).

6.2 COLLABORATION MONDIALE EN RECHERCHE

La S-T est une entreprise planétaire, et les scientifiques recherchent les installations et les partenaires les meilleurs possibles au monde. La figure 6.1 illustre le réseau mondial de collaboration en recherche tel qu'il est révélé par la rédaction en commun d'articles scientifiques. Comme on peut le voir, le Canada est une composante importante de ce réseau. Les États-Unis sont nettement la plaque tournante de la collaboration scientifique internationale, avec des liens particulièrement forts avec le Royaume-Uni, l'Allemagne, le Canada, la Chine, le Japon et la France. Même si les États-Unis ont tendance à collaborer proportionnellement moins avec d'autres pays que l'ensemble des pays avancés, le volume absolu de leur production scientifique avec des co-auteurs étrangers est beaucoup plus important que celui des autres pays (plus du double de celui du Royaume-Uni, qui vient au second rang).

Les États-Unis sont le premier collaborateur international du Canada, et ce par une marge significative, selon le nombre de publications rédigées en commun par des auteurs des deux pays. Le Royaume-Uni est également une source importante de collaboration pour les Canadiens, mais le nombre d'articles corédigés par des auteurs des deux pays est beaucoup plus faible que dans le cas des États-Unis. Les Canadiens collaborent en outre fréquemment avec des collègues de la France, de la Suisse, des Pays-Bas, de l'Australie et du Japon — tous des pays avancés en recherche scientifique. Le Canada collabore de manière notable et croissante avec des chercheurs de la Chine.



Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

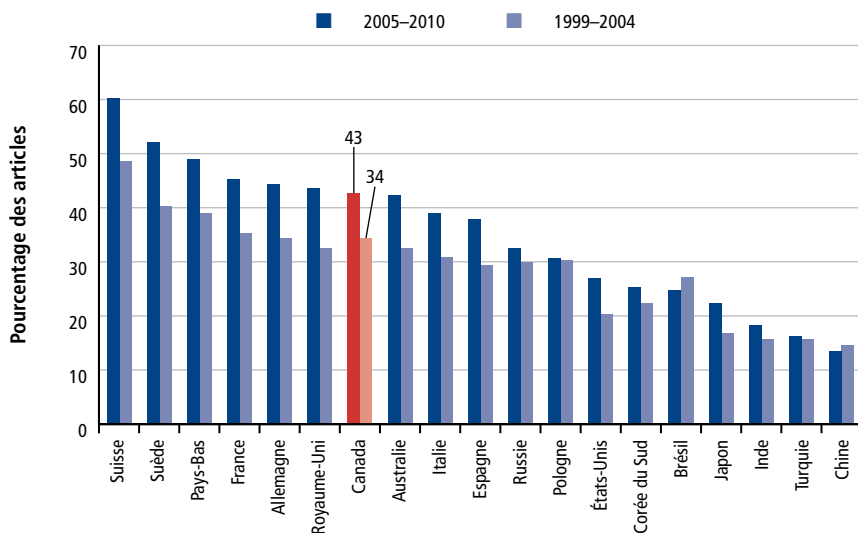
Figure 6.1

Réseau de collaboration entre 20 pays avancés, de 1997 à 2010

La taille des cercles est proportionnelle au nombre de collaborations internationales de chaque pays. L'épaisseur des liens entre deux pays est proportionnelle au nombre de collaborations entre ces pays. Les liens les plus faibles ont été supprimés afin de rendre la figure plus lisible.

La figure 6.2 montre le pourcentage du nombre total d'articles d'un pays dont au moins l'un des co-auteurs appartient à une institution d'un autre pays. De 2005 à 2010, le taux global de collaboration du Canada a été de 43 %, le septième plus élevé au monde. Par comparaison, les trois premiers pays à ce chapitre — la Suisse, la Suède et les Pays-Bas — ont eu un taux de collaboration d'environ 50 % ou plus.

L'interprétation de données comme celles qui sont présentées à la figure 6.2 pose le défi suivant : les plus grands pays ont tendance à collaborer moins souvent avec des collègues étrangers, en partie parce que les chercheurs de ces pays ont tout simplement davantage de collègues avec qui ils peuvent travailler à l'intérieur



Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

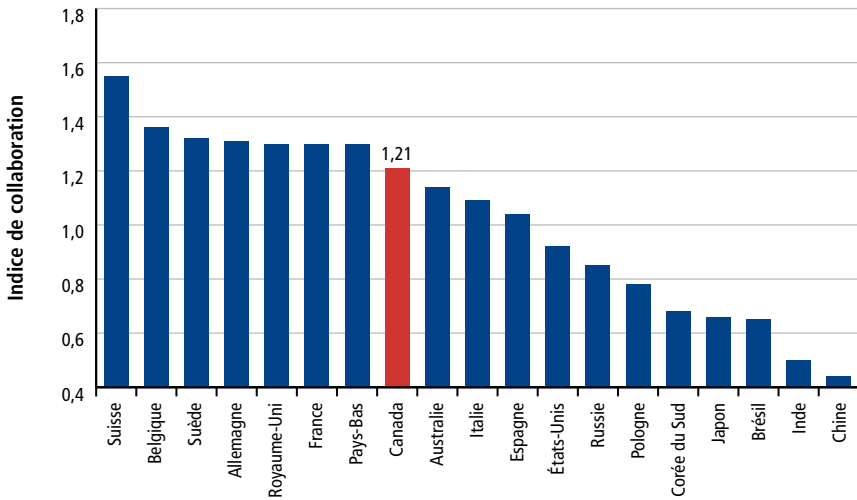
Figure 6.2

Pourcentage d'articles écrits avec au moins un collaborateur étranger

Ces pourcentages sont fondés sur des décomptes entiers de publications. Ils représentent les proportions calculées sur le nombre d'articles publiés par les 19 premiers pays pour le nombre total d'articles dans chaque sous-domaine de recherche.

du pays. Par conséquent, une juste comparaison des taux de collaboration en recherche d'un pays à l'autre devrait tenir compte de la taille du pays (exprimée par le nombre d'articles publiés). Le comité d'experts a donc fait appel à des techniques bibliométriques de pointe supplémentaires pour examiner les taux de collaboration de recherche du Canada. Par exemple, l'indice de collaboration (ICo) a servi à mesurer la différence entre le degré de collaboration observé et le degré auquel on pouvait s'attendre étant donné le nombre d'articles publiés. L'ICo global du Canada est de 1,21. Cela signifie que les chercheurs canadiens collaborent avec ceux d'autres pays environ 20 % de plus que ce à quoi l'on pourrait s'attendre étant donné le nombre d'articles publiés par le Canada (voir la figure 6.3).

En adoptant une approche semblable, on a utilisé un indicateur d'affinité de collaboration (ACo) pour évaluer l'affinité de collaboration entre le Canada et d'autres pays. Tout comme l'indice de collaboration, cette variable repose sur la différence entre le nombre observé et le nombre attendu d'articles écrits en collaboration, étant donné la production totale de publications des pays en question. L'affinité de collaboration du Canada envers un pays donné et l'affinité de collaboration de ce pays envers le Canada ne sont pas nécessairement symétriques. Par exemple,



Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

Figure 6.3

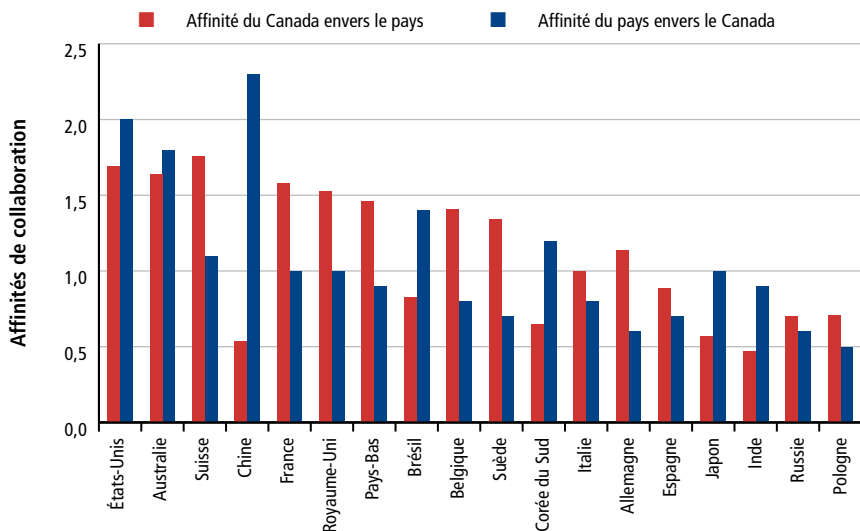
Indice de collaboration (ICo) de pays producteurs importants d'articles scientifiques

Un indice de 1,0 correspond au degré de collaboration attendu selon le nombre de publications du pays. Un indice supérieur à 1,0 indique un degré de collaboration plus élevé, et un indice inférieur à 1,0 un degré de collaboration moins élevé que ce à quoi l'on pourrait s'attendre.

1000 articles écrits en collaboration pourraient représenter une forte proportion de la production totale d'un pays A, donnant une affinité de collaboration élevée du pays A envers le pays B, alors que les mêmes 1000 articles pourraient ne représenter qu'une très faible proportion de la production totale du pays B, donnant une affinité de collaboration beaucoup plus faible du pays B envers le pays A. Par conséquent, même si les Canadiens peuvent avoir une forte propension à collaborer avec des collègues d'un pays donné, la réciproque peut ne pas être vraie (l'appendice 1 donne des détails supplémentaires sur la méthodologie). De la même manière, un pays peut avoir une forte tendance à collaborer avec des Canadiens, alors que la réciproque n'est pas toujours vraie.

La figure 6.4 présente les résultats de cette analyse d'affinités de collaboration. Elle montre à nouveau le degré élevé de collaboration internationale des chercheurs canadiens avec leurs collègues des États-Unis. D'une manière générale, les Canadiens ont une tendance élevée à publier des articles en collaboration avec des auteurs de la Suisse, des États-Unis, de l'Australie, de la France et du Royaume-Uni — tous des pays avancés en recherche scientifique. Les pays qui ont une forte tendance à publier avec des chercheurs canadiens comprennent les États-Unis, l'Australie,

la Chine, le Brésil et la Corée du Sud. Selon cette analyse, les Canadiens sont moins portés à collaborer avec des chercheurs chinois et sud-coréens, mais les chercheurs de ces pays ont une forte propension à publier avec des Canadiens.



Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

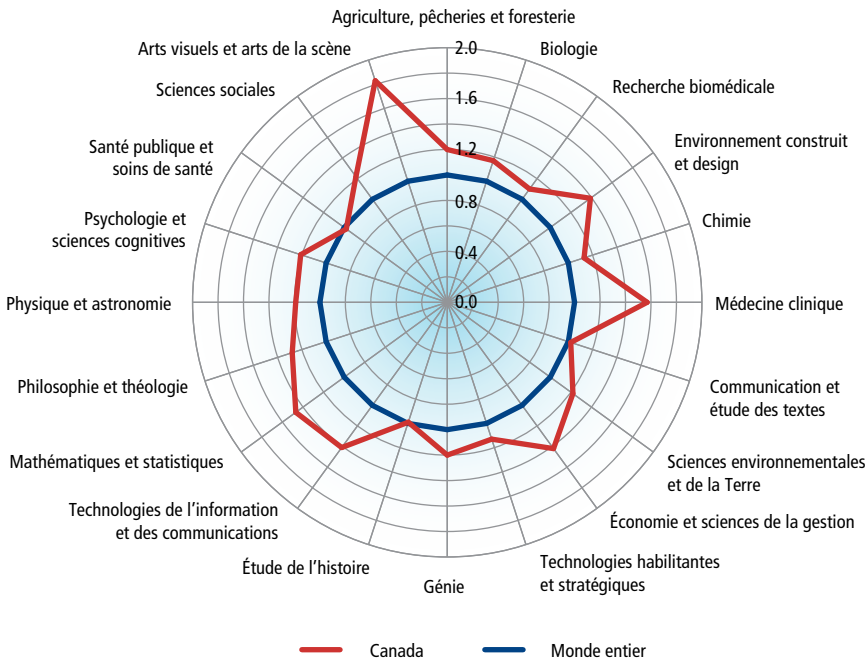
Figure 6.4

Affinités de collaboration entre le Canada et d'autres pays

Les indices d'affinité de collaboration sont fondés sur la différence entre les nombres observés et les nombres attendus d'articles avec un auteur d'un autre pays, selon un modèle de régression, l'indice étant donné par le niveau observé en tant que fraction du niveau attendu. Les pays sont présentés par ordre décroissant de la somme des deux indices d'affinité de collaboration.

On peut également analyser la collaboration internationale à l'échelle des divers domaines de recherche. Comme le montre la figure 6.5, dans presque tous les domaines, les chercheurs canadiens rédigent des articles en collaboration avec des chercheurs d'autres pays davantage que ce à quoi l'on pourrait s'attendre, les niveaux de collaboration les plus élevés étant en arts visuels et arts de la scène (ICo = 1,83) de même qu'en médecine clinique²² (ICo = 1,57). Les niveaux de collaboration les plus faibles sont égaux ou légèrement inférieurs à la moyenne mondiale. On les retrouve dans les domaines suivants : communication et étude des textes; étude de l'histoire; santé publique et soins de santé.

22 La section 2.1 présente les domaines de recherche utilisés dans le contexte de cette évaluation. On y explique en particulier que les domaines de la médecine clinique et de l'étude de l'histoire sont plus larges que ce que l'on entend communément.



Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données *Scopus* (Elsevier)

Figure 6.5

Indice de collaboration (ICo) par domaine de recherche au Canada

Cette figure montre les indices de collaboration (ICo) calculés à partir de données bibliométriques. Un ICo mesure la différence entre le niveau observé de collaboration et le niveau attendu étant donné le nombre total d'articles du pays dans un domaine donné. Le trait bleu correspond à la moyenne mondiale de 1,0.

6.3 ANALYSE DE GRAPPES D'ACTIVITÉS DE RECHERCHE CONNEXES

L'un des défis de toute analyse bibliométrique est de définir un ensemble de domaines et de sous-domaines qui reflète fidèlement les modèles existants de la recherche scientifique. En général, les études bibliométriques mettent d'abord l'accent sur les catégories définies par les disciplines traditionnelles (p. ex. chimie, physique, histoire), puis établissent la correspondance entre les revues savantes et ces catégories. À titre d'exemple, la présente évaluation est fondée sur l'ontologie des disciplines et les tables de correspondance des revues mises au point par Science-Metrix (voir le chapitre 2).

Cependant, les bibliométriciens expérimentent actuellement une approche plus sophistiquée d'identification de recherches connexes. Cette approche fait appel à des techniques de calcul pour déterminer des grappes d'activités de recherche connexes

à partir de modèles de citation. Par exemple, un ensemble d'articles présentant un degré élevé de citations croisées (des auteurs qui se citent souvent mutuellement ou qui citent les mêmes articles) définirait un domaine particulier d'activités de recherche. Ainsi, au lieu de dépendre d'une classification préalable des domaines de recherche, c'est la structure de la recherche scientifique elle-même, reflétée dans les modèles de citation, qui détermine les sujets de recherche qui en ressortent. Cette technique peut être utile pour mettre en lumière des sujets de recherche interdisciplinaire souvent mal représentés par les domaines et sous-domaines traditionnels, et pour révéler de nouveaux domaines ou sujets de recherche hautement spécifiques (Klavans et Boyack (2010) expliquent ce type d'approche).

Pour aller au-delà de l'information fournie par les indicateurs bibliométriques traditionnels (voir le chapitre 4), le comité d'experts a également commandé une analyse de grappes de recherche. Pour ce faire, 86 % des articles contenus dans la base de données *Scopus* (16,1 millions d'articles de recherche) ont été regroupés dans environ 48 000 grappes d'activités de recherche connexes sur la base de modèles de citation. La plupart des grappes résultant de ce processus étaient relativement petites, 98 % d'entre elles comportant moins de 1000 articles chacune, et il était impossible en pratique d'étudier toutes ces grappes. C'est pourquoi la suite de l'analyse a porté uniquement sur les grappes qui comportaient plus de 250 articles canadiens. Après avoir regroupé les articles dans ces grappes d'activités de recherche, des mots-clés et des termes fréquemment employés dans ces articles ont servi à caractériser la nature de la recherche dans chaque grappe (voir une explication sur le terme *grappe* dans l'encadré 6.2). Les résultats de cette analyse sont présentés dans les sections qui suivent.

Encadré 6.2

Grappes de recherche bibliométriques et autres types de grappes de recherche

Dans le présent chapitre, le terme *grappe* désigne un ensemble d'articles de recherche qui ont un lien entre eux. Ce terme est employé dans le domaine de la bibliométrie à propos de ces techniques de mesure. Les grappes définies ici correspondent simplement à un ensemble d'articles de recherche étroitement liés entre eux par des modèles de citation. Elles n'indiquent pas nécessairement que les chercheurs travaillent sur des projets en collaboration. En bibliométrie, le terme *grappe* n'a pas le sens courant qu'il revêt lorsque l'on parle de grappes de recherche fondées sur des partenariats établis, ou encore sur des réseaux physiques ou virtuels entre organismes ou chercheurs, comme ceux qui ont été créés dans le cadre du Réseau fédéral de centres d'excellence²³

suite à la page suivante

23 http://www.ncc-rc.gc.ca/index_fra.asp

Encadré 6.2 (suite)

ou des grappes technologiques du Conseil national de recherches Canada²⁴. Il se peut toutefois que de tels programmes, ainsi que les réseaux et grappes qu'ils soutiennent, aient un impact mesurable sur les grappes bibliométriques, de par leurs effets sur les modèles de publication.

6.3.1 Grappes de recherche les plus citées au Canada

Le tableau 6.1 énumère les 10 premières grappes d'articles selon l'impact de la recherche, mesuré par la moyenne des citations relatives (MCR) pour la recherche canadienne par rapport à la moyenne mondiale pour ces grappes. Plusieurs de ces grappes sont dans les domaines de la médecine : thrombose (caillots de sang); hépatite; polyarthrite rhumatoïde; infection par la bactérie *C. difficile*; maladie pulmonaire; transplantation rénale; infarctus myocardique aigu (crise cardiaque). Le Canada produit également des recherches à fort impact dans les grappes liées à la cosmologie et à l'astrophysique (grappe n° 4) et aux lasers à haute énergie (grappe n° 9).

Tableau 6.1**Les 10 premières grappes de recherche selon la moyenne des citations relatives (MCR)**

	Mots-clés de la grappe	MCR	Part canadienne des articles publiés dans le monde (%)
1	Thrombose, facteur, veineux, pulmonaire, risque, héparine, étude, clinique, résultats, maladie	2,56	4,8
2	Hépatite, hépatite B, VHB, virus B, infection, chronique, ADN, lamivudine, foie	2,49	2,8
3	Maladie, arthrite, traitement, rhumatoïde, psoriasis, clinique, inflammatoire	2,15	4,6
4	Cosmologique, énergie, univers, énergie sombre, modèle, champ, matière, fonds, gravité	2,15	5,2
5	<i>Clostridium difficile</i> , toxine, <i>perfringens</i> , infection, diarrhée, souches, colite	2,13	7,2
6	Poumon, sarcoïdose, maladie, pulmonaire, transplantation, cellule, fibrose, interstitiel	2,07	2,9
7	Rénal, sang, aigu, cardiaque, étude, insuffisance, soins, choc, contraste, pression, septicémie	2,03	4,5
8	Transplantation, rénale, rein, greffe, receveurs, survie, rejet, pancréas, Sirolimus	2,00	4,5

suite à la page suivante

24 <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/grappes/index.html>

	Mots-clés de la grappe	MCR	Part canadienne des articles publiés dans le monde (%)
9	Laser, femtoseconde, ablation, impulsion, optique, surface, haute énergie, verre, rayon, matériau	1,97	5,0
10	Coronarien, myocardiologique, endoprothèse, infarctus, aigu, plaquette, artère, clinique, risque, maladie	1,95	5,0

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données *Scopus* (Elsevier)

Les grappes choisies comportent au moins 250 articles publiés par des chercheurs canadiens (seuil arbitraire déterminé par Science-Metrix). Elles sont classées par ordre décroissant d'impact mesuré par la moyenne des citations relatives (MCR) des articles canadiens dans chaque grappe. Les mots-clés (traduits de l'anglais) sont énumérés par ordre décroissant de la fréquence avec laquelle ils figurent dans les articles de la grappe.

6.3.2 Grappes de recherche de forte spécialisation

L'analyse des grappes a également permis d'identifier des domaines de spécialisation de la recherche au Canada — c'est-à-dire des domaines dans lesquels le Canada publie davantage que ce que donnerait la moyenne mondiale. Le tableau 6.2 présente les résultats de cette analyse. Les grappes de recherche énumérées ici sont beaucoup plus diversifiées que dans l'analyse fondée sur l'impact de la recherche. Même si deux domaines de forte spécialisation sont également en médecine (gestion de la douleur néonatale et pédiatrique, traumatisme crânien et réadaptation), les chercheurs canadiens semblent également très actifs dans un certain nombre de domaines liés à la géologie et à l'extraction de minéraux (grappes n^{os} 4, 6, 8 et 9), aux sables bitumineux (grappe n^o 5 — voir l'encadré *Pleins feux sur les sables bitumineux*), ainsi que dans plusieurs domaines liés à la science et à la toxicologie de l'environnement, dont le dépôt de mercure dans l'environnement (grappe n^o 2), les impacts de stress sur les espèces de poissons d'eau douce (grappe n^o 3) et la présence de biphényles polychlorés (BPC) dans l'environnement (grappe n^o 7).

Tableau 6.2

Les 10 premières grappes de recherche selon l'indice de spécialisation (IS)

	Mots-clés de la grappe	IS	MCR	Part canadienne des articles publiés dans le monde (%)
1	Douleur, enfants, étude, nouveau-nés, prise en charge, néonatal, patients, échelle, procédures, évaluation, nourrisson, analgésie, pédiatrique	3,58	1,50	15,5
2	Mercure, Hg, concentrations, atmosphérique, neige, dépôt, émissions, ozone, surface, mesures, sol, gazeux, eau	3,41	1,34	14,8

suite à la page suivante

	Mots-clés de la grappe	IS	MCR	Part canadienne des articles publiés dans le monde (%)
3	Poisson, croissance, niveaux, cellules, plasma, cortisol, stress, eau, truite, branchie, IGF, expression, hormone, sang, hormone de croissance, arc-en-ciel, ammoniacque	3,32	1,37	14,4
4	Roches, formation, âge, ceinture, Be, Ga, bassin, zone, Néoproterozoïque, complexe, dépôts, croûte, tectonique, craton, zircon, métamorphique	3,28	1,19	14,2
5	Pétrole, asphaltène, brut, asphalte, température, propriétés, bitume, eau, pétrole brut, cire, moléculaire, surface, viscosité, polymère	3,05	1,31	13,2
6	Or, liquide, dépôts, minerai, quartz, roches, hydrothermique, minéralisation, inclusions, minéral, altération, formation, veines	2,69	1,30	11,6
7	Concentrations, niveaux, échantillons, BPC, polychloré, exposition, étude, composés, congénères, environnemental, biphényles, poisson, sol	2,68	1,49	11,6
8	Manteau, roches, fondu, magma, isotopique, composition, éléments, rapports, volcanique, isotope, source, basalts, olivine, inclusions, arc, croûte, lave	2,59	1,14	11,2
9	Roches, bassin, volcanique, central, formation, arc, subduction, Andes, Crétacé, plateau, crustal, tectonique, déformation, faille, cordillère, croûte	2,54	0,88	11,0
10	Lésion, cerveau, patients, traumatisme crânien, tête, étude, réadaptation, enfants, cognitif, issue, clinique, commotion, neuropsychologique	2,31	1,32	10,0

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données *Scopus* (Elsevier)

Les grappes choisies comportent au moins 250 articles publiés par des chercheurs canadiens. Elles sont classées par ordre décroissant d'indice de spécialisation (IS) des articles canadiens dans chaque grappe. Cet indice mesure la fréquence des articles publiés dans un domaine par rapport à la moyenne mondiale. Les mots-clés (traduits de l'anglais) sont énumérés par ordre décroissant de la fréquence avec laquelle ils figurent dans les articles de la grappe. Les MCR sont les moyennes de citations relatives pour le Canada.

Pleins feux sur les sables bitumineux

Les sables bitumineux sont un mélange de sable, d'eau et de bitume. Il y en a dans des endroits du monde aussi divers que le Canada, le Venezuela, la Chine, la Russie et Madagascar. Au cours de la dernière décennie, ils ont pris de plus en plus d'importance comme source d'énergie dans le monde. C'est en Alberta, où le sous-sol renferme trois dépôts importants de sables bitumineux, qu'ils ont le plus été exploités. Avec ces ressources, le Canada est troisième au monde, derrière l'Arabie saoudite et le Venezuela, pour les réserves prouvées de pétrole (CIA, 2012).

suite à la page suivante

Plains feux sur les sables bitumineux *(suite)*

Il a fallu beaucoup de temps et d'innovation pour que le Canada exploite ses sables bitumineux. Dès 1778, ces ressources figuraient dans les cartes des explorateurs, et en 1819 on a tenté d'en faire une description géologique. La première démonstration de l'utilisation de sables bitumineux pour le pavage date de 1915, suivie par des forages en 1924. Mais la découverte la plus importante a eu lieu dans les années 1920, lorsque M. Karl Clark, du Conseil de recherche de l'Alberta, a démontré que l'on pouvait séparer le bitume du sable en utilisant de l'eau chaude. Il devint alors évident que les sables bitumineux pourraient probablement servir de source de pétrole brut. Un autre développement important est survenu dans les années 1950, lorsque l'on a constaté que l'injection de vapeur dans le sous-sol pourrait permettre au bitume de flotter. La technique de drainage par gravité au moyen de vapeur, déployée pour la première fois en 1978 lors d'un projet de test en sous-sol dirigé par l'Autorité albertaine de technologie et de recherche sur les sables bitumineux (AOSTRA), a constitué le moyen suivant de récupération du bitume enfoui trop profondément pour être extrait. La mise au point de cette technique a exigé une étroite collaboration entre l'industrie, les gouvernements et le milieu universitaire.

L'exploitation des sables bitumineux fait intervenir de nombreux domaines d'étude, dont la géologie, la chimie, le génie, la biologie et les sciences sociales. Aujourd'hui, la production de pétrole extrait des sables bitumineux est de 1,5 million de barils par jour, et l'on prévoit qu'elle atteindra 3,7 millions de barils par jour d'ici 2025. Cela devrait apporter 3100 milliards de dollars à l'économie canadienne au cours des 25 prochaines années (ACPP, 2012). Cet impact économique sera toutefois mis en péril en l'absence d'innovation permettant de diminuer de manière significative l'empreinte environnementale et sociale de cette exploitation.

6.3.3 Grappes de recherche en croissance rapide

L'analyse des grappes de recherche a également permis de connaître celles dont la croissance est la plus rapide au Canada et dans le monde — les domaines où la production de recherche, mesurée par l'indice de croissance (ICr), augmente rapidement (voir le chapitre 4). Comme le montre le tableau 6.3, beaucoup des grappes de recherche dont la croissance a été la plus rapide au Canada au cours des dernières années sont liées aux technologies de l'information et des communications (TIC) : technologies de réseau et sans fil; traitement de l'information et informatique; reconnaissance de la parole et autres technologies biométriques; analyse évoluée de données. Plusieurs grappes en forte croissance sont liées aux médias numériques (grappes n^{os} 2, 4, 13 et 15). Les nanotechnologies (grappe n^o 3), les piles à combustible (grappe n^o 6), ainsi que les sciences et technologies de l'espace et des planètes (grappe n^o 10) font aussi partie des domaines de recherche dont la croissance est rapide.

Tableau 6.3

Grappes de recherche en croissance rapide

	Mots-clés de la grappe	Indice de croissance		MCR	Part canadienne des articles publiés dans le monde (%)
		Canada	Monde entier		
1	Réseaux, capteur, sans fil, nœuds, IEEE, routage, énergie, système, mobile, algorithme, protocole	11,17	11,48	1,11	4,9
2	Utilisateur, conception, interaction, système, interface, mobile, information, affichage, virtuel, modèle, applications	7,03	5,60	1,78	7,6
3	Carbone, nanotubes, propriétés, simple, surface, électron, graphène, champ, température, chimique, structure, composite	5,37	3,47	1,17	2,1
4	Information, Web, modèle, réseau, système, utilisateur, social, savoir, sémantique, algorithme	4,98	4,78	1,07	4,0
5	Canal, performance, système, algorithme, IEEE, fréquence, multiple, puissance, signal, schéma, interférence	4,90	4,20	1,29	7,0
6	Combustible, membrane, pile à combustible, eau, méthanol, proton, performance, Pt, piles, polymère, conductivité, électrochimique	4,38	3,83	1,32	5,7
7	Filtre, fréquence, antenne, structure, conception, transmission, bande, microbande, guide d'ondes, électromagnétique, photonique, résonateur	4,35	4,20	1,28	5,3
8	Modèle, logiciel, système, Web, service, information, langage, développement, cadre, logique, IEEE, architecture	4,33	4,39	1,22	5,1
9	Parole, reconnaissance, système, modèle, algorithme, bruit, locuteur, reconnaissance de la parole, signal, IEEE, adaptatif, acoustique	4,28	3,82	1,40	4,4
10	Mars, surface, martien, lunaire, eau, modèle, solaire, glace, poussière, atmosphère, Vénus, champ, thermique, Terre, magnétique, Lune, missions	4,24	1,82	1,10	4,3
11	Reconnaissance, empreinte digitale, système, iris, image, algorithme, caractéristique, biométrique, caractère, correspondance, identification, manuscrit, vérification	4,13	5,89	1,33	4,0
12	Schéma, clé, sécurité, signature, protocole, sûr, authentification, algorithme, attaque, efficace, information	4,10	5,38	0,96	4,3
13	Image, méthode, algorithme, modèle, système, reconnaissance, détection, vidéo, segmentation, analyse, caractéristique, 3D, poursuite, visage, mouvement	3,73	4,41	1,28	3,8
14	Antenne, bande passante, fréquence, conception, raccord, microbande, rayonnement, bande, GHz, créneau, dual, impédance, monopole, réseau, gain	3,51	4,45	0,73	3,6

suite à la page suivante

	Mots-clés de la grappe	Indice de croissance		MCR	Part canadienne des articles publiés dans le monde (%)
		Canada	Monde entier		
15	Données, interrogation, spatial, système, base de données, algorithme, traitement, SIG, Flash, Web, applications, mémoire, gestion	3,42	4,28	1,12	4,8
16	Données, flou, algorithme, modèle, système, apprentissage, classification, réseau, ensemble, neural, agrégation, exploration, information, analyse, réseau neural	3,30	4,29	1,21	3,9

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

Les grappes choisies comportent au moins 250 articles publiés par des chercheurs canadiens. Les mots-clés (traduits de l'anglais) sont énumérés par ordre décroissant de la fréquence avec laquelle ils figurent dans les articles de la grappe. L'indice de croissance mesure la différence entre le nombre de publications de 2003 à 2006 et de 2007 à 2010. Les MCR sont les moyennes de citations relatives pour le Canada.

6.3.4 Grappes de recherche interdisciplinaires

L'analyse bibliométrique des grappes peut se révéler particulièrement utile pour reconnaître les grappes de recherche interdisciplinaires, par l'analyse des références comprises dans les articles de chaque grappe. Les grappes où l'on cite des articles dans de nombreux domaines (selon des catégories traditionnelles comme celles utilisées au chapitre 4) sont considérées comme fortement interdisciplinaires, alors que celles où l'on cite d'autres recherches principalement dans un seul domaine le sont moins. Le comité a utilisé une variable appelée *indice d'interdisciplinarité* pour cet aspect de sa recherche. Cet indice mesure le degré avec lequel les références contenues dans chaque grappe sont réparties dans de multiples domaines²⁵.

Le tableau 6.4 présente les résultats de cette analyse en énumérant les 10 grappes de recherche les plus interdisciplinaires au Canada. La plupart de ces grappes sont liées aux sciences de l'environnement et à la toxicologie : technologies de traitement des eaux usées (grappe n° 1); contamination de l'eau et du sol (grappes n°s 2 et 4); toxicologie de l'environnement (en particulier en ce qui concerne les pêcheries, grappe n° 3); technologies de restauration de l'environnement (p. ex. biosorption des métaux lourds, grappe n° 5); biphényles polychlorés (BPC) (grappe n° 9).

25 Il faut noter que cette variable est construite à partir des domaines utilisés dans le corps de l'évaluation, et dont certains sont plus étroitement liés entre eux que d'autres. Par exemple, les articles qui citent des travaux en recherche biomédicale et en médecine clinique sont considérés comme autant interdisciplinaires que ceux qui citent des travaux en économie et sciences de la gestion et en génie.

D'autre part, plusieurs de ces grappes sont liées aux sciences biomédicales : technologies du génie tissulaire (grappe n° 6); liposomes et acheminement de médicaments (grappe n° 8); nanoparticules colloïdales (grappe n° 10). La grappe centrée sur les sciences de l'espace et des planètes (grappe n° 7), qui figure aussi parmi les grappes de recherche dont la croissance est la plus rapide, est de plus fortement interdisciplinaire. C'est également le cas de la grappe des BPC, mentionnée au paragraphe 6.3.2 comme hautement spécialisée. Les contributions canadiennes à la recherche dans beaucoup de ces domaines font en outre l'objet de plus de citations que la moyenne mondiale des articles dans ces domaines, et le Canada est hautement spécialisé dans la grappe liée au traitement des eaux usées.

Tableau 6.4

Les 10 premières grappes de recherche interdisciplinaire

	Mots-clés de la grappe	Indice d'interdisciplinarité	MCR	Part canadienne des articles publiés dans le monde (%)
1	Eau, concentrations, traitement, composés, eaux usées, produits pharmaceutiques, potable, environnemental, organique, exposition, antibiotique, dégradation, enlèvement, pH, sol, formation, extraction, liquide, désinfection	0,485	1,11	6,0
2	Arsenic, surface, pH, adsorption, fer, eau, réduction, sorption, enlèvement, sol, Fe, concentrations, solution, conditions, eaux souterraines, phosphate, métal, acide, produit chimique, espèce chimique, oxydation	0,446	1,21	4,3
3	Concentrations, effets, exposition, poisson, toxicité, eau, niveaux, étude, activité, espèce, métal, environnemental, cellules, sédiment, composés, traitement, endocrinien, croissance, foie	0,443	1,34	7,1
4	Plantes, sol, Cd, métal, concentrations, croissance, lourd, Zn, Be, accumulation, absorption, Pb, espèce, racine, Mg, cadmium, arsenic, Cu, phytoremédiation, acide, métaux lourds	0,432	1,18	3,6
5	Adsorption, enlèvement, pH, métal, ions, activé, carbone, solution, sorption, concentration, aqueux, eau, capacité, processus, ion, surface, acide, biosorption, charbon activé, équilibre, Langmuir, isotherme	0,432	0,97	2,1
6	Cellule, surface, tissu, polymère, propriétés, hydrogels, acide, échafaudage, eau, génie, protéine, os, nerf, génie tissulaire, matériaux, température, adhérence, enflure, médicament, adsorption, collagène	0,430	0,97	3,0
7	Mars, surface, martien, lunaire, eau, modèle, solaire, glace, poussière, atmosphère, Vénus, champ, thermique, Terre, magnétique, Lune, missions	0,412	1,10	4,3

suite à la page suivante

	Mots-clés de la grappe	Indice d'interdisciplinarité	MCR	Part canadienne des articles publiés dans le monde (%)
8	Gène, liposomes, médicament, transfection, cellule, cationique, expression, complexes, efficacité, livraison d'un gène, lipide, tumeur, plasmide, <i>in vivo</i> , thérapie, nanoparticules, protéine, micelles, <i>in vitro</i> , acide, peptide	0,404	1,28	4,6
9	Concentrations, niveaux, échantillons, BPC, polychloré, exposition, étude, composés, congénères, environnemental, biphényles, poisson, sol, pesticides	0,402	1,49	11,6
10	Pellicules, surface, couche, particules, colloïdal, photonique, polyélectrolyte, adsorption, cristal, multicouche, polymère, structure, silice, optique, couche par couche, dépôt, méthode, pH, sphères, nanoparticules, couches multiples	0,399	1,52	2,6

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données *Scopus* (Elsevier)

Les grappes choisies comportent au moins 250 articles publiés par des chercheurs canadiens. Les mots-clés (traduits de l'anglais) sont énumérés par ordre décroissant de la fréquence avec laquelle ils figurent dans les articles de la grappe. L'indice d'interdisciplinarité mesure le degré avec lequel les références dans chaque grappe s'étendent sur de multiples domaines. La valeur maximale théorique est 1,0. Les MCR sont les moyennes de citations relatives pour le Canada.

6.4 NOUVEAUX DOMAINES DE RECHERCHE IDENTIFIÉS PAR LES EXPERTS CANADIENS DE LA S-T

En plus d'identifier de manière ascendante les grappes de recherche nouvelles et interdisciplinaires, le comité a obtenu l'avis d'experts canadiens de la S-T sur les domaines de recherche et les technologies émergentes. Dans l'enquête auprès d'experts canadiens de la S-T, on a demandé aux répondants d'indiquer, parmi les domaines de recherche ou les applications technologiques susceptibles de gagner en importance dans les 10 à 15 années à venir, ceux où le Canada est le mieux placé pour être un chef de file de leur développement ou de leur application. Chaque répondant pouvait indiquer jusqu'à cinq domaines.

Comme le montre la figure 6.6, les près de 700 répondants ont cité le plus souvent des domaines liés à la santé (voir l'encadré *Pleins feux sur la recherche canadienne à propos des cellules souches*), aux technologies de l'énergie et aux médias numériques.

Pour des fins de comparaison, la figure 6.6 donne également un résumé des réponses à l'enquête menée pour le rapport de 2006 sur l'état de la S-T. Les points de vue des experts canadiens de la S-T n'ont pas beaucoup changé depuis 2006 : l'énergie, ainsi que les technologies de la santé et biomédicales, sont de nouveau mentionnées comme des domaines où le Canada est bien placé pour devenir un

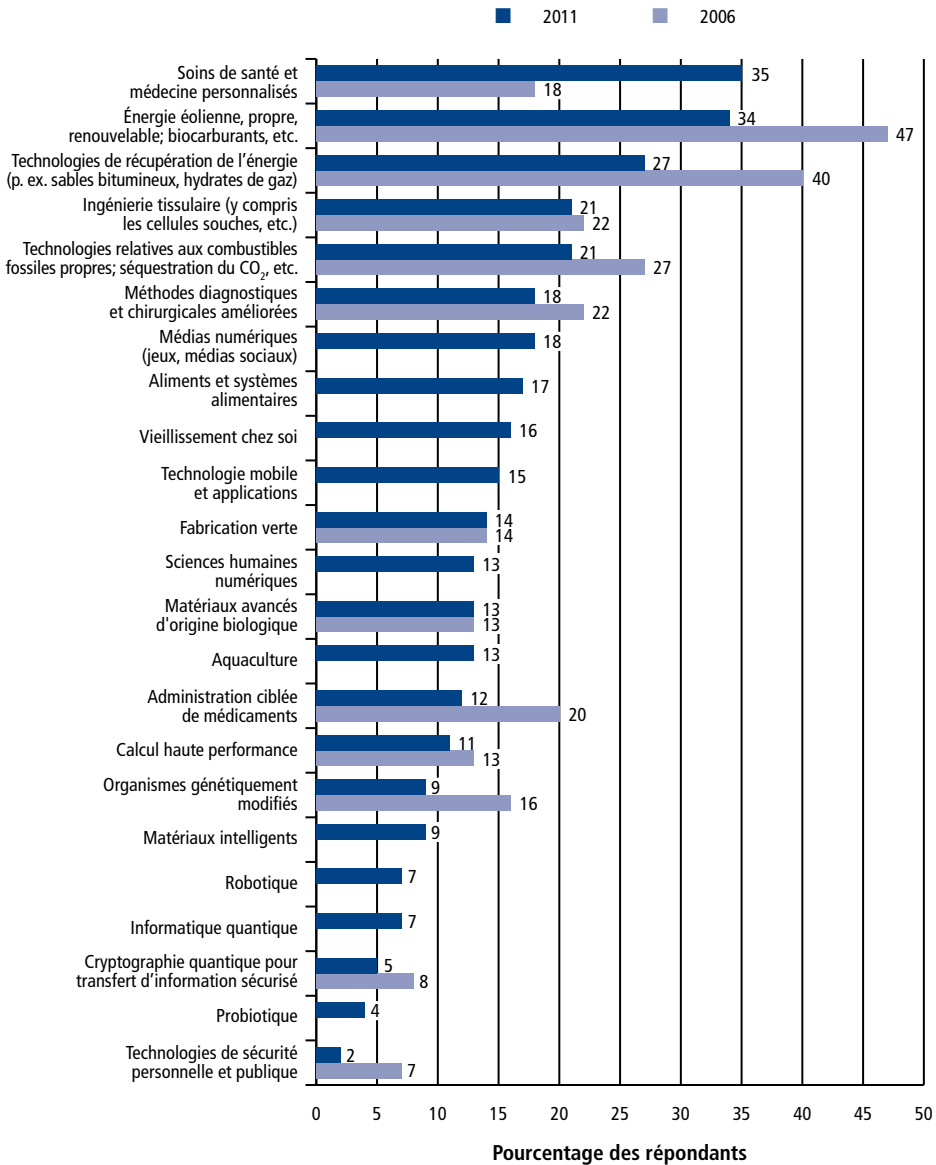


Figure 6.6

Domaines de S-T émergents où, selon l'enquête menée auprès d'experts canadiens, le Canada est bien placé pour être un chef de file mondial

Cette figure montre, pour chaque domaine dont l'importance est susceptible d'augmenter au cours des 10 ou 15 prochaines années, le pourcentage des répondants qui estiment que le Canada est bien placé pour être un chef de file mondial. Les totaux sont supérieurs à 100 % puisque l'on a demandé aux répondants d'indiquer les cinq principaux domaines. La figure montre les données de 2011, ainsi que celles de 2006 (voir CAC, 2006) lorsqu'elles sont disponibles.

chef de file mondial. Les changements les plus importants par rapport à 2006 sont un plus haut taux de réponse portant sur la médecine personnalisée et les soins de santé, qui sont des domaines en émergence, et un taux plus faible en ce qui concerne les technologies de l'énergie.

Pleins feux sur la recherche canadienne à propos des cellules souches

Les cellules souches ont été découvertes il y a plus de 50 ans à l'Université de Toronto par deux chercheurs canadiens, le Dr James Till et le regretté Dr Ernest McCulloch. Cette contribution canadienne majeure à la médecine a jeté les fondations de toute la recherche sur les cellules souches et a placé le Canada à la fine pointe dans ce domaine, position qu'il a maintenue depuis à l'échelle internationale.

De plus en plus importante pour l'avenir des thérapies de remplacement cellulaire de tissus malades ou endommagés, la recherche sur les cellules souches englobe de nombreuses disciplines. Mentionnons la biologie, la génétique, la bio-ingénierie, les sciences sociales, l'éthique, le droit, la biochimie et la bio-informatique. Cette recherche vise la compréhension des mécanismes qui régissent le comportement des cellules souches, en particulier en ce qui concerne l'évolution des maladies et, ultimement, leur traitement ou leur guérison.

Les chercheurs canadiens qui travaillent sur les cellules souches ont une longue histoire de collaboration, soutenue et renforcée depuis 2001 par le Réseau de cellules souches (RCS) (qui fait partie du Réseau fédéral de centres d'excellence), considéré comme un chef de file mondial dans le domaine. À elles seules, les subventions accordées par le truchement du RCS ont soutenu les travaux de plus de 125 chercheurs principaux travaillant dans 30 institutions, de Halifax à Vancouver. Mentionnons notamment : le Laboratoire Terry-Fox de l'Agence du cancer de la Colombie-Britannique, l'Institut Hotchkiss du cerveau à Calgary, l'Hôpital pour enfants de Toronto, l'Hôpital Mont-Sinaï, le Réseau universitaire de la santé de l'Université de Toronto, le Centre de recherche sur les cellules souches Sprott à Ottawa, de même que l'Institut de recherche en immunologie et oncologie à Montréal. En 2010, un nouveau centre pour la commercialisation de la médecine régénérative a été mis sur pied, afin de soutenir davantage les initiatives pouvant intéresser des partenaires industriels en matière de cellules souches.

Aujourd'hui, les chercheurs canadiens font partie de ceux qui exercent le plus d'influence dans le domaine des cellules souches et de la médecine régénérative. Les chercheurs du RCS ont publié près de 1000 articles depuis 2001, entre autres sur les sujets

suite à la page suivante

Pleins feux sur la recherche canadienne à propos des cellules souches *(suite)*

suivants : cellules souches cancéreuses; réparation endogène du cœur, des muscles et du système nerveux; expansion de l'utilisation de cellules souches sanguines pour le traitement d'une variété de maladies hématologiques; mise au point de biomatériaux pour l'acheminement et le soutien de structures cellulaires visant à réparer des tissus endommagés; conversion directe de cellules souches cutanées en cellules sanguines; analyse de l'évolution de cellules souches leucémiques; identification de cellules souches pancréatiques; isolement de cellules souches sanguines multipotentes, capables de former toutes les cellules du système sanguin de l'être humain.

6.5 CONCLUSIONS

Des techniques bibliométriques de pointe permettent d'étudier des modèles de collaboration et des grappes de recherche. Même si ces techniques ne sont pas aussi utilisées que les indicateurs bibliométriques plus traditionnels présentés au chapitre 4, elles donnent des renseignements intéressants sur les atouts du Canada en S-T. Les chercheurs canadiens collaborent avec ceux d'autres pays davantage que ce à quoi l'on pourrait s'attendre étant donné le nombre d'articles produits, et la proportion d'articles écrits avec des collaborateurs étrangers augmente. Mais surtout, les chercheurs canadiens collaborent fréquemment avec des collègues d'autres pays importants en S-T, dont les États-Unis, l'Allemagne, le Japon, la France et le Royaume-Uni. Autre signe encourageant, la Chine — qui émerge rapidement comme un producteur majeur de recherche scientifique — a une forte affinité de collaboration envers le Canada. Étant donné ces modèles de collaboration, on peut conclure que le Canada est bien placé comme chef de file mondial en science et technologie.

L'analyse des grappes bibliométriques donne une image plus nuancée des activités de recherche du Canada. Ce genre d'analyse, qui ne subit pas les contraintes des définitions traditionnelles des domaines de recherche, permet de détecter de manière plus exacte les domaines de recherche interdisciplinaire. Il y a une forte concordance entre l'analyse des grappes et les résultats donnés par les indicateurs bibliométriques traditionnels. Par exemple, la recherche canadienne dans les grappes liées aux sciences médicales et à la physique fait l'objet de plus de citations que la moyenne mondiale. Cela correspond étroitement aux résultats rapportés au chapitre 4 : le Canada est premier au monde dans plusieurs sous-domaines de la médecine clinique, des sciences

biomédicales, ainsi que de la physique et de l'astronomie. De la même manière, les domaines où l'analyse des grappes montre une production de recherche canadienne relativement élevée (géologie, ressources naturelles, sciences de l'environnement) correspondent aux conclusions du chapitre 4. La ressemblance entre les types de recherche à fort impact ou hautement spécialisée qui ressortent de la bibliométrie traditionnelle et de l'analyse des grappes vient appuyer le système de classification sur lequel ce rapport est fondé. Même s'il ne rend pas compte de toutes les nuances de la recherche canadienne, l'approche « descendante » fondée sur les domaines et sous-domaines fait ressortir *grosso modo* les mêmes domaines d'excellence que l'analyse « ascendante » des grappes de recherche. Par contre, ce dernier type d'analyse ne permet pas de déterminer des grappes en sciences humaines et en arts, à cause du nombre relativement restreint d'articles dans ces domaines.

Une comparaison de l'opinion d'experts canadiens et des résultats de l'analyse bibliométrique donne des résultats semblables sur les domaines en émergence. Les Canadiens estiment que la médecine et les soins de santé personnalisés constituent un atout émergent du Canada. Même si l'analyse bibliométrique ne porte pas sur ce domaine précis, elle fait cependant ressortir clairement les points forts du Canada en médecine clinique et en recherche biomédicale. De la même manière, les atouts du Canada dans les technologies de l'énergie et de la récupération d'énergie, classées par les experts canadiens au troisième rang des domaines où le Canada est un chef de file potentiel, ressortent dans la grappe de recherche liée aux sables bitumineux. Par contre, alors que l'analyse bibliométrique indique que bon nombre des grappes en émergence rapide au Canada sont liées aux TIC et aux médias numériques, les répondants à l'enquête canadienne n'ont pas mentionné ce domaine comme un atout émergent du Canada.

Même si la plupart des techniques d'analyse présentées dans ce chapitre en sont à un stade exploratoire, elles complètent d'autres méthodes employées dans cette évaluation pour donner un portrait global des atouts du Canada en S-T.

7

Brevets et mesures connexes

- Comparaisons internationales de brevets triadiques
- Analyse technométrique des données de l'USPTO
- Comparaison avec le rapport de 2006
- Autres mesures de la commercialisation de la recherche et du développement technologique
- Conclusions

7 Brevets et mesures connexes

Principales constatations

- Le Canada produit environ 4 % des publications scientifiques du monde, mais il ne détient que 1,7 % des brevets. Le pays se compare assez mal aux autres grands pays pour le nombre de brevets par habitant ainsi que les redevances et droits de licence découlant de la propriété intellectuelle (PI) canadienne.
- De 2005 à 2010, les Canadiens ont inscrit 18 000 inventions à l'USPTO (*United States Patent and Trademark Office* — Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis). Le Canada est l'un des trois seuls pays dont le niveau de citation des brevets inscrits dans la base de données de l'USPTO est au-dessus de la moyenne mondiale.
- Les brevets canadiens dans les domaines de l'agroalimentaire, des produits chimiques et des technologies de l'information et des communications (TIC) sont souvent cités, ce qui est le signe d'un impact considérable du développement des technologies connexes.
- Les brevets ne reflètent qu'un aspect de la gamme d'activités de commercialisation de la recherche et de développement technologique. Les autres indicateurs qui ont servi à analyser cet élément de la S-T ne sont toutefois généralement pas subdivisés par domaine de recherche ou ne sont disponibles que pour des contextes institutionnels spécifiques. Il s'agit d'une lacune dans la collecte de données canadiennes sur le développement et la commercialisation de la technologie.

Les divisions traditionnelles de la S-T en domaines purs et appliqués sont souvent considérées comme périmées. En effet, la recherche a le plus souvent pour objectif une application commerciale ou sociale à court ou à long terme, ou aboutit à de telles applications même si elles n'étaient pas envisagées au départ. Ce chapitre porte sur les points forts du Canada dans les domaines de la S-T où les applications de la recherche et le développement de nouvelles technologies constituent l'objectif premier.

Les données sur les brevets sont souvent utilisées pour comparer la production de S-T entre divers pays. L'analyse rapportée dans ce chapitre porte sur la totalité de l'activité canadienne en matière de brevets, que ce soit dans un contexte universitaire ou gouvernemental ou dans le secteur privé²⁶. En particulier, les organismes provinciaux de recherche et le Conseil national de recherches du gouvernement fédéral sont très actifs dans le développement technologique et la commercialisation de la recherche, mais les données ne distinguent pas ces contributions. De plus,

26 Une évaluation détaillée du développement technologique dans le secteur privé est menée par le comité d'experts du CAC sur l'état de la recherche-développement industrielle au Canada.

le développement technologique est un secteur d'activité où la collaboration entre les chercheurs de l'industrie, du milieu universitaire et des gouvernements est cruciale. À l'heure actuelle, l'industrie octroie près d'un milliard de dollars par année en fonds de recherche aux universités et collèges canadiens (Statistique Canada, 2012a), et une grande part de ces fonds sont consacrés à la recherche liée au développement de types spécifiques de technologie. Par conséquent, même si les données sur les brevets présentées ici sont très pertinentes pour ce qui est des points forts de la recherche en S-T dans les universités canadiennes, elles le sont probablement encore davantage en ce qui concerne la commercialisation de la recherche et le développement technologique dans les autres secteurs.

Comme ils constituent l'outil de mesure le plus solide disponible, les brevets sont au centre de cette analyse. Cependant, comme on l'a expliqué au chapitre 2, ils ont un certain nombre de limites en tant que mesure de la S-T appliquée et du développement technologique. C'est pourquoi d'autres données sont également présentées, afin de dresser un portrait plus complet des atouts du Canada en S-T.

Encadré 7.1

Indicateurs technométriques employés dans cette étude

Nombre de brevets — Il s'agit du nombre de brevets déposés au Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis (USPTO). Les brevets sont comptabilisés ici selon l'adresse de leur cessionnaire (détenteur du brevet) plutôt que de l'inventeur.

Indice de spécialisation (IS) — Mesure de la concentration de la PI au Canada dans un domaine particulier du développement technologique, par rapport à d'autres pays. L'IS des brevets est calculé d'une manière analogue à l'IS en analyse bibliométrique (voir l'encadré 4.1). Un IS supérieur à 1,0 signifie que le Canada (ou une province) détient davantage de brevets dans un domaine que ce à quoi l'on pourrait s'attendre par rapport à d'autres pays.

Moyenne des citations relatives (MCR) — Mesure de la fréquence de citation des brevets. La MCR des brevets est calculée d'une manière analogue à la MCR en analyse bibliométrique (voir l'encadré 4.1). Une MCR supérieure à 1,0 signifie que les brevets canadiens font l'objet de plus de citations que la moyenne mondiale dans le domaine en question (toutes les MCR sont normalisées par domaine technologique).

Flux de PI — Indicateur servant à évaluer les flux transfrontaliers de propriété intellectuelle. Il mesure la différence entre le nombre de brevets mis au point dans une région donnée (d'après l'adresse de l'inventeur) et le nombre de brevets actuellement

suite à la page suivante

Encadré 7.1 (suite)

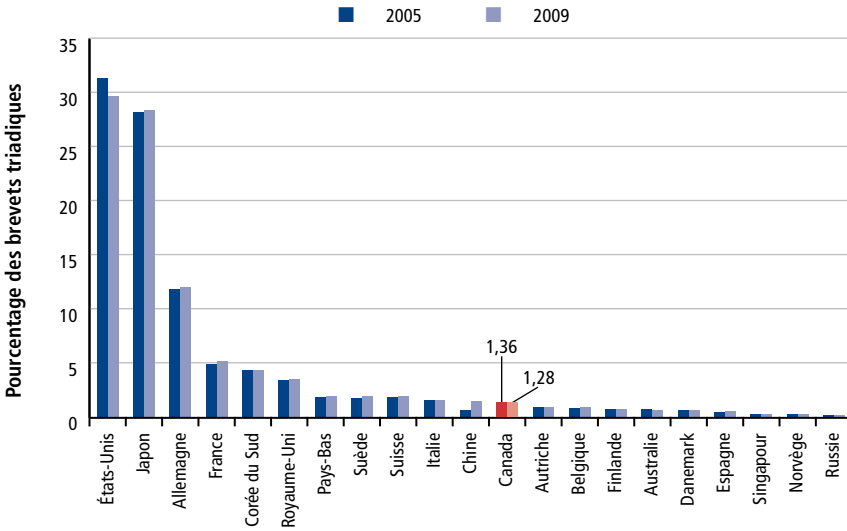
déposés ou détenus dans cette région (d'après l'adresse du cessionnaire). Les régions dont le flux de PI est négatif détiennent moins de brevets qu'elles n'ont réalisé d'inventions (et sont donc des *exportateurs* nets de brevets), alors que celles dont le flux de PI est positif détiennent davantage de brevets qu'elles n'ont réalisé d'inventions (et sont donc des *importateurs* nets de brevets).

L'appendice 1 explique plus en détail les méthodes employées pour calculer chacun de ces indicateurs.

7.1 COMPARAISONS INTERNATIONALES DE BREVETS TRIADIQUES

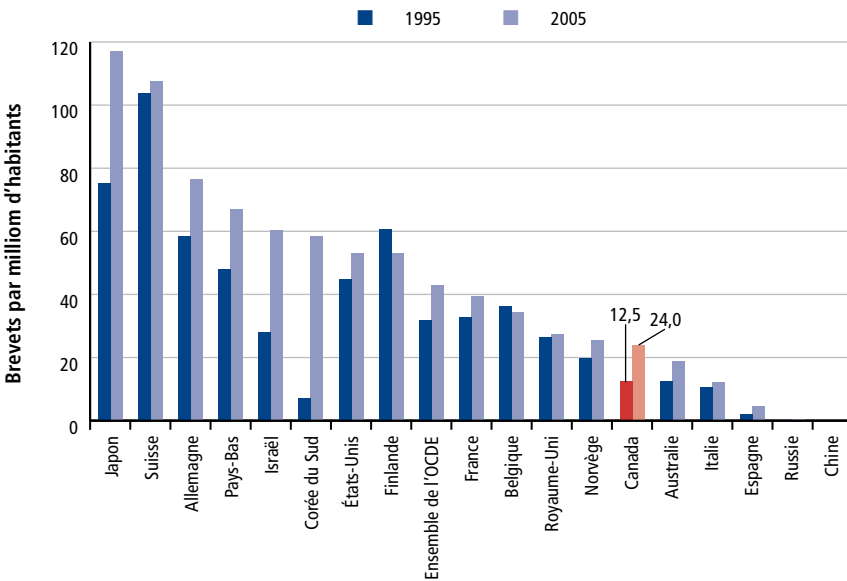
De nombreux rapports produits au Canada et à l'étranger présentent des comparaisons générales des statistiques de brevets de divers pays dans un contexte d'analyse de leur rendement en S-T (voir p. ex. CSTI, 2009, 2011; CIC, 2011; OCDE, 2008). Le comité d'experts n'a donc pas cherché à reproduire beaucoup de ces analyses dans le présent rapport. Le message principal qui émerge de la plupart de ces études est qu'il y a une corrélation entre les dépenses intra-muros en recherche-développement des entreprises (DIRDE) (voir le chapitre 3) et l'activité en matière de brevets, et que les pays dont les DIRDE sont faibles, ce qui est le cas du Canada, ont généralement peu de brevets par rapport à d'autres chefs de file en S-T (voir p. ex. BIS, 2011). Cette conclusion correspond généralement à ce que le comité a constaté en examinant les données disponibles.

À titre d'exemple, une comparaison des brevets du Canada avec sa production d'articles de recherche montre que, alors que le Canada compte pour plus de 4 % du total mondial des publications scientifiques (voir le chapitre 4), il ne possédait en 2009 que 1,28 % des brevets triadiques du monde (c'est-à-dire les brevets déposés à l'Office européen des brevets (OEB), au Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis (USPTO) et au Bureau japonais des brevets (JPO)) (voir la figure 7.1). De plus, la part du Canada dans les brevets du monde a diminué depuis 2005. La part des États-Unis a aussi diminué, mais de nombreux autres pays développés — dont l'Allemagne, la France, la Suède, le Japon et le Royaume-Uni — ont accru leur part des brevets mondiaux depuis la même date. La Chine a connu la plus forte augmentation, passant d'à peine plus de 0,5 % en 2005 à 1,4 % en 2009. Le Canada fait également piètre figure pour ce qui est du nombre de brevets par habitant, se situant bien en dessous de la moyenne de l'OCDE (voir la figure 7.2).



Source des données : OCDE, 2010

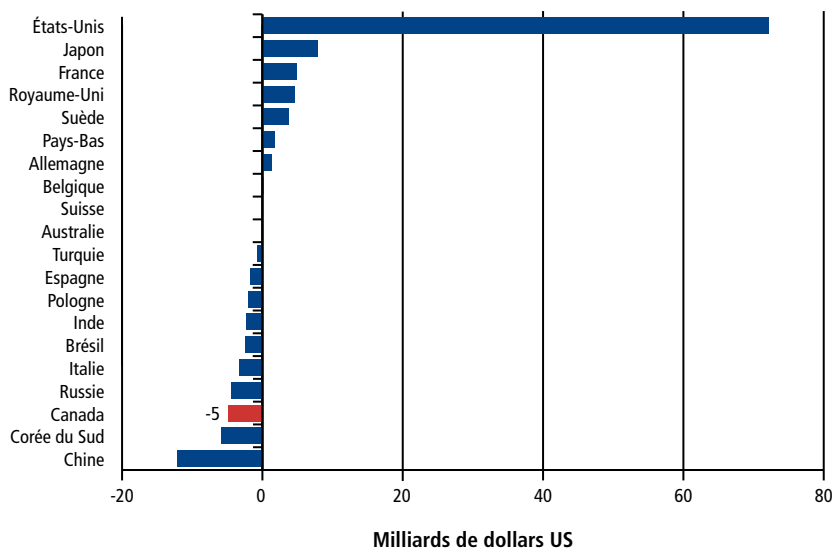
Figure 7.1
Part de certains pays dans les brevets triadiques, en 2005 et en 2009



Source des données : OCDE, 2008

Figure 7.2
Nombre de brevets triadiques par million d'habitants, en 1995 et en 2005

Le Canada a également du retard en ce qui concerne les redevances et droits de licence liés à la propriété intellectuelle (PI). De fait, le Canada a un solde net négatif de près de cinq milliards de dollars en redevances et droits de licence (voir la figure 7.3). Ce solde représente la différence entre les droits versés pour accéder à la PI d'autres pays et les sommes reçues de l'étranger pour l'accès à la PI détenue par des Canadiens. Par comparaison, de nombreux autres pays parmi les chefs de file de la recherche scientifique (dont les États-Unis, le Japon, la France, la Suède, le Royaume-Uni et les Pays-Bas) ont un solde positif à ce chapitre.



Remarque : Les redevances et droits de licence sont les montants payés pour l'utilisation autorisée d'actifs intangibles, non produits et non financiers (tels que brevets, droits d'auteur, marques de commerce, procédés industriels et franchises), ainsi que pour l'utilisation, dans le cadre d'accords de licence, d'originaux ou de prototypes (tels que des films et des manuscrits).

Source des données : Banque mondiale, 2012

Figure 7.3

Redevances et droits de licence nets par pays, en 2010

7.2 ANALYSE TECHNOMÉTRIQUE DES DONNÉES DE L'USPTO

Poursuivant les travaux effectués en 2006 pour la première évaluation faite par le CAC de l'état de la S-T au Canada, le comité a effectué une analyse exhaustive des brevets canadiens et mondiaux à partir des données de l'USPTO, le bureau des brevets et marques de commerce le plus important pour les Canadiens (voir le chapitre 2).

Comme l'on pouvait s'y attendre, les États-Unis détiennent de loin la plus grande part des brevets déposés à l'USPTO, étant partie prenante dans la publication de plus de la moitié du million de brevets indexés dans la base de données de l'USPTO de 2005 à 2010 (voir le tableau 7.1). Le Japon vient au deuxième rang avec environ 218 000 brevets. Par comparaison, le Canada a déposé quelque 18 000 brevets au cours de la même période, ce qui correspond à 1,7 % du total mondial²⁷. Le nombre de brevets déposés à l'USPTO par de nombreux pays avancés, dont le Canada, la Suède, l'Allemagne, le Royaume-Uni, la France et l'Italie, a diminué au cours des dernières années. Par contre, le nombre de brevets déposés par plusieurs pays asiatiques, dont la Chine, la Corée du Sud et Singapour, a augmenté substantiellement au cours de la même période.

Tableau 7.1

Données sur les brevets de certains pays déposés à l'USPTO

	2005–2010		1999–2004		Flux de PI
	Nombre de brevets	MCR	Nombre de brevets	MCR	
États-Unis	526 367	1,16	526 732	1,13	0,04
Canada	17 781	1,03	19 210	0,97	-0,19
Israël	5 324	1,00	4 245	0,90	-0,32
Suède	7 955	0,89	9 266	0,83	0,14
Chine	47 787	0,88	33 424	1,00	-0,02
Japon	217 949	0,88	201 575	0,93	0,02
Suisse	10 013	0,86	9 706	0,70	0,38
Australie	6 656	0,81	4 075	0,83	-0,17
Danemark	2 507	0,81	2 674	0,67	-0,15
Finlande	6 342	0,81	5 114	0,91	0,18
Corée du Sud	44 971	0,80	22 483	0,82	0,01
Singapour	3 401	0,80	1 410	1,16	0,29
Royaume-Uni	12 754	0,79	14 881	0,77	-0,4
Belgique	2 719	0,68	2 920	0,73	-0,29
Pays-Bas	13 630	0,68	9 407	0,69	0,49
Allemagne	55 179	0,66	60 064	0,71	-0,07
Italie	6 794	0,63	8 241	0,61	-0,23
France	18 481	0,62	21 134	0,67	-0,11
Monde entier	1 023 399	1,00	974 765	1,00	0,00

Remarque : Les nombres de brevets sont établis par des décomptes entiers.

Le tableau est classé par ordre décroissant des MCR de 2005 à 2010.

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de données du Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis (USPTO)

27 La différence entre ce pourcentage et celui qui est donné à la figure 7.1 vient de ce qu'on parle ici uniquement des brevets déposés à l'USPTO, alors que les données de la figure sont celles des brevets triadiques, déposés à l'USPTO, à l'OEI et au JPO.

Les citations de brevets (le tableau 7.1 donne la moyenne des citations relatives (MCR) des brevets) permettent aussi d'évaluer l'importance relative des brevets détenus, par pays et par catégorie. Le Canada fait relativement bonne figure à ce chapitre. Il se classe au deuxième rang, derrière les États-Unis, pour la MCR de ses brevets. Il est l'un des trois seuls pays dont le niveau de citation des brevets est supérieur à la moyenne mondiale. De plus, le niveau général de citation des brevets canadiens a légèrement augmenté au cours des dernières années.

La variable contenue dans la dernière colonne du tableau 7.1 constitue également un indicateur utile à propos des brevets détenus par le Canada. Le « flux de PI » correspond à la différence entre le nombre de brevets provenant d'un pays et le nombre de brevets détenus par ce pays. Il décrit essentiellement jusqu'à quel point un pays est un importateur ou un exportateur net de brevets. Le Canada a un flux net négatif de PI, ce qui signifie que les Canadiens détiennent les droits de PI sur moins d'inventions qu'ils n'en ont effectivement créées. Cela donne à penser que l'achat de PI canadienne est attrayant pour les autres pays. Par comparaison, de nombreux autres pays acquièrent de la PI de l'étranger en plus d'en créer eux-mêmes. Par exemple, les Pays-Bas et la Suisse ont un important flux net positif de PI, ce qui signifie qu'ils détiennent davantage de PI que ce à quoi l'on pourrait s'attendre étant donné leur volume d'invention. Les États-Unis et le Japon ont également un flux de PI légèrement positif. Ils continuent donc d'accumuler davantage de PI qu'ils n'en produisent, même s'ils sont déjà les plus importants détenteurs de PI au monde.

Les données de l'USPTO sur les brevets permettent en outre de repérer des catégories de brevets dans lesquelles le Canada excelle par rapport à d'autres pays. Le tableau 7.2 contient des données sur des indicateurs clés relatifs aux brevets dans des domaines technologiques précis. Il fait appel au système de classification mis au point pour l'analyse des brevets lors de l'évaluation faite par le CAC en 2006. Le Canada est premier au monde pour les citations de brevets liés aux technologies agroalimentaires. Les brevets canadiens dans ce domaine ont donc un fort impact sur les technologies mises au point dans le monde. De la même manière, les brevets canadiens sont souvent cités dans les domaines des produits chimiques (deuxième rang mondial) et des technologies de l'information et des communications (TIC) (troisième rang mondial). Cependant, ce ne sont pas nécessairement des domaines de développement technologique dans lesquels le Canada est fortement spécialisé. Par exemple, comme dans la plupart des pays, la plus grande proportion des brevets concerne des applications des TIC (voir l'encadré *Pleins feux sur les TIC*). Mais la part des brevets canadiens en TIC est en réalité inférieure à ce que donnerait la moyenne mondiale, comme l'indique son indice de spécialisation (IS) inférieur à 1,0. Les domaines technologiques dans lesquels le Canada est fortement spécialisé comprennent le génie (IS = 2,20), les transports (IS = 1,66), l'énergie (IS = 1,42) et l'agroalimentaire (IS = 1,35).

Tableau 7.2

Indicateurs technométriques pour le Canada, par domaine de la classification des brevets

Domaine	Rang selon les MCR, de 2005 à 2010	2005–2010			1999–2005		
		Nombre de brevets	MCR	IS	Nombre de brevets	MCR	IS
Agroalimentaire	1	366	1,61	1,35	536	0,96	1,33
TIC	3	7 775	1,22	0,83	6 223	1,20	0,83
Produits chimiques	2	1 411	1,15	0,89	1 945	0,80	0,83
Mécanique	6	2 130	0,92	1,30	2 898	0,87	1,16
Génie	5	1 067	0,84	2,20	1 306	0,83	1,85
Électricité	9	630	0,82	0,59	603	0,93	0,52
Transports	6	1 182	0,79	1,66	1 366	0,93	1,42
Besoins humains	8	2 569	0,76	1,19	3 587	0,86	1,21
Énergie	11	349	0,70	1,42	303	0,80	1,17
Métaux	10	302	0,69	1,16	443	0,92	1,17
Tous les domaines	2	17 781	1,03	1,00	19 210	0,97	1,00

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de données du Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis (USPTO)

Ce tableau est classé par ordre décroissant de la moyenne des citations relatives (MCR) de 2005 à 2010. Les nombres de brevets sont établis par des décomptes entiers. Les rangs selon la MCR montrent la position du Canada parmi les 19 premiers pays pour le nombre de brevets de 2005 à 2010 dans chaque domaine.

Pleins feux sur les TIC

Le secteur des technologies de l'information et des communications (TIC) comprend les télécommunications, les réseaux informatiques, la technologie de l'information ainsi que les médias radiotélévisés. Le Canada est l'auteur de contributions substantielles dans ce domaine. Entre autres percées historiques, mentionnons l'invention du téléphone par Alexander Graham Bell et la réception en 1901 de la première communication transatlantique sans fil sur la colline Signal Hill, à St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador). La modulation d'amplitude (MA, en 1906), la caméra de télévision (1934) et le téléavertisseur (1949) sont d'autres contributions remarquables de chercheurs canadiens, tout comme des innovations plus récentes d'entreprises phares comme Nortel Networks Corporation, Research in Motion (RIM) et OpenText, ainsi que des quelque 32 700 autres entreprises de TIC qui ont investi 4,9 milliards en recherche et développement en 2010 (Industrie Canada, 2011a). Le Canada est aussi un utilisateur précoce de technologie; à titre d'exemple il a été le troisième pays au monde à lancer un satellite de communications (*Alouette 1*, en 1962).

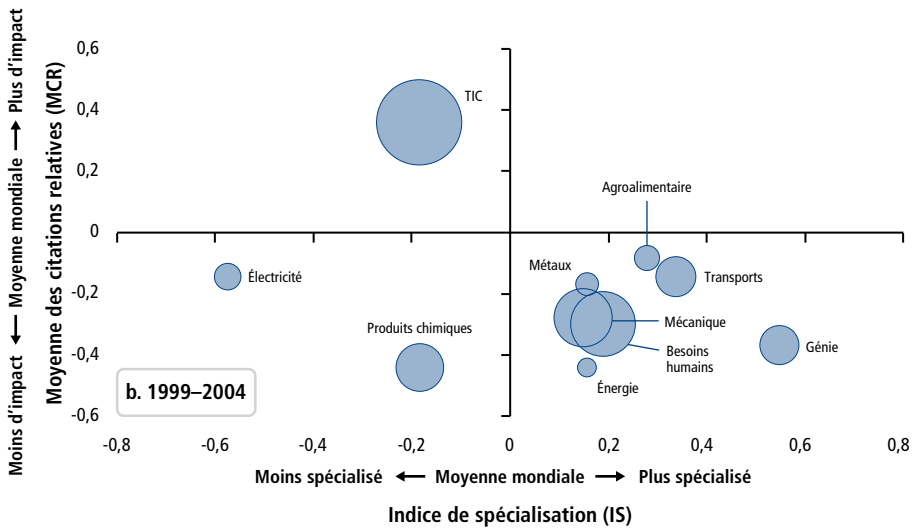
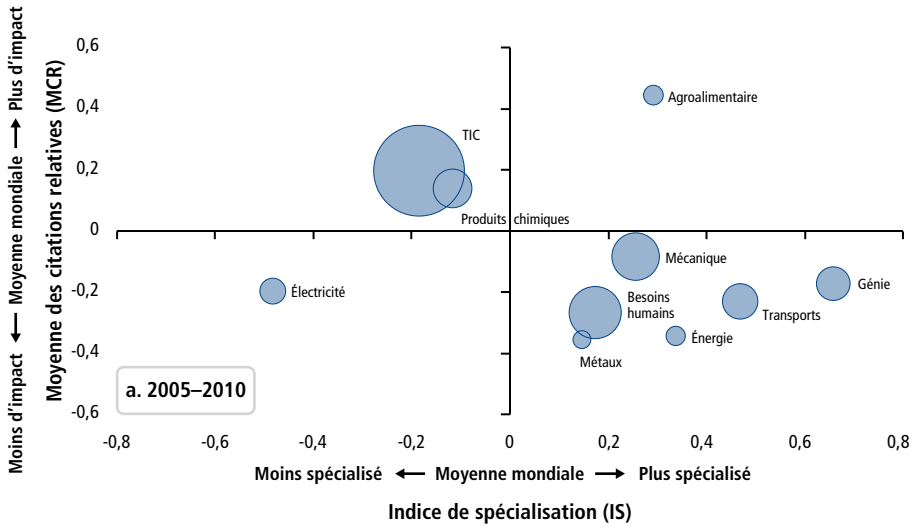
suite à la page suivante

Pleins feux sur les TIC *(suite)*

L'étendue géographique du Canada, dont les points extrêmes sont distants de plus de 9300 kilomètres, a donné une impulsion à ses succès et à son développement dans le secteur des TIC. Une infrastructure particulièrement digne de mention est le Centre de recherches sur les communications Canada, centre d'excellence qui fournit des services de laboratoire en TIC. Le Conseil national de recherches Canada compte pour sa part deux instituts qui soutiennent les TIC : le Centre canadien de fabrication de dispositifs photoniques et l'Institut de technologie de l'information. CANARIE inc. relie les chercheurs canadiens à l'aide d'un réseau de fibres optiques de 19 000 kilomètres. TRILabs est un consortium de recherche en TIC dont les partenaires sont des entreprises, des collèges et universités, ainsi que des organismes gouvernementaux.

Le secteur canadien des TIC fait face à des défis, comme en témoignent les difficultés d'entreprises phares telles que Nortel et RIM, et les préoccupations suscitées par l'acquisition d'un certain nombre d'entreprises et de technologies canadiennes de TIC par des intérêts étrangers. Le sous-secteur de la fabrication de matériel de TIC est en déclin constant, et certains remettent en question la capacité du Canada de conserver un rôle prépondérant dans l'économie numérique avec l'importance croissante de domaines tels que l'infonuagique et la sécurité électronique.

La figure 7.4 donne une analyse de la position du Canada dans les domaines techniques énumérés au tableau 7.2. Elle est équivalente à la figure 4.6 présentée dans la discussion sur les données bibliométriques. Le quadrant supérieur droit contient les catégories où le Canada possède un plus grand nombre de brevets par rapport aux autres pays et où ces brevets font l'objet de plus de citations que la moyenne. Ces catégories sont des points forts du Canada sur le plan technologique (en ce qui concerne les brevets détenus). Le quadrant supérieur gauche contient les catégories où les brevets canadiens sont souvent cités (et ont donc un fort impact), mais où le Canada détient moins de brevets que ce que donnerait la moyenne mondiale. Comme dans le cas des données bibliométriques, on peut interpréter ce quadrant comme indiquant des domaines de nouvelles possibilités pour le Canada. Le quadrant inférieur gauche contient les catégories où le Canada a un faible impact et une faible production de brevets. Le quadrant inférieur droit contient celles où le Canada détient un nombre relativement élevé de brevets, mais où ceux-ci font l'objet de moins de citations que la moyenne mondiale. La taille des cercles correspond au nombre total de brevets canadiens dans chaque domaine.



Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de données du Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis (USPTO)

Figure 7.4

Analyse de la position du Canada dans 10 domaines de la classification des brevets, de (a) 2005 à 2010 et de (b) 1999 à 2004

La taille des cercles est proportionnelle au nombre de brevets dans chaque domaine. Sur les deux axes, la valeur zéro correspond à la moyenne mondiale.

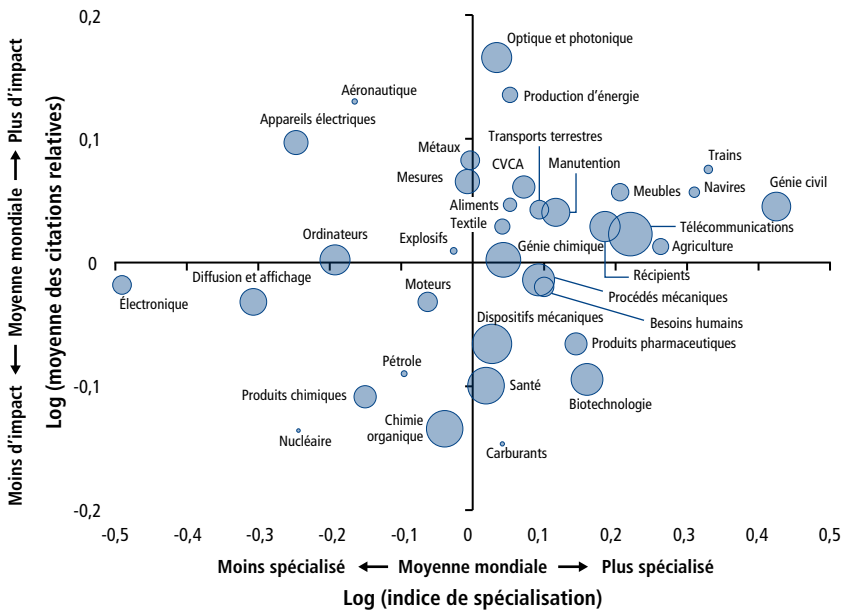
Contrairement à ce que donnent les analyses bibliométriques, le rendement d'ensemble du Canada dans plusieurs catégories de brevets est selon ces indicateurs inférieur à la moyenne mondiale. Une seule catégorie, celle de l'agroalimentaire, figure dans le quadrant supérieur droit pour la période 2005-2010. Dans deux autres catégories, celles des TIC et des produits chimiques, les brevets canadiens ont un niveau d'impact (mesuré par les citations de brevets) supérieur à la moyenne mondiale. Dans les autres catégories, les brevets canadiens ont un impact inférieur à la moyenne mondiale. En outre, plusieurs de ces catégories figurent dans le quadrant inférieur droit : cela indique que le Canada détient dans ces domaines un nombre relativement élevé de brevets, mais qu'ils sont relativement peu cités.

La figure 7.4 montre également l'évolution de ces indicateurs au cours de la dernière décennie. Par exemple, les MCR des brevets canadiens ont augmenté dans deux domaines — les produits chimiques et l'agroalimentaire. Elles ont toutefois diminué dans d'autres domaines tels que les transports, l'énergie, l'électricité et les métaux. D'une manière générale, le degré de spécialisation dans les diverses catégories n'a pas beaucoup changé d'une période à l'autre.

7.3 COMPARAISON AVEC LE RAPPORT DE 2006

L'évaluation présentée à la section 7.2 à propos des données sur les brevets canadiens est sous la plupart des aspects directement comparable à celle qui a été effectuée pour le rapport de 2006. Les données proviennent de la même source (l'USPTO), et les mêmes catégories technologiques et classes de brevets ont été utilisées. L'analyse a en outre fait appel aux mêmes variables (le nombre de brevets et la MCR), avec l'ajout pour la présente analyse d'un indicateur mesurant les flux de brevets entre pays.

À l'échelle des sous-catégories, une comparaison des résultats avec ceux de 2006 révèle certaines évolutions intéressantes (voir les figures 7.5 et 7.6). Ces figures montrent des changements importants dans les résultats du Canada. Par exemple, il y a eu une augmentation substantielle de la MCR des brevets canadiens en agriculture et en chimie organique, avec une légère baisse de leur indice de spécialisation. Cela signifie que les brevets canadiens dans ces domaines ont maintenant un impact plus grand sur les nouvelles technologies, alors que la proportion des brevets canadiens dans ces mêmes domaines diminue. Les brevets canadiens en télécommunications ont également connu une hausse modeste de leur MCR.



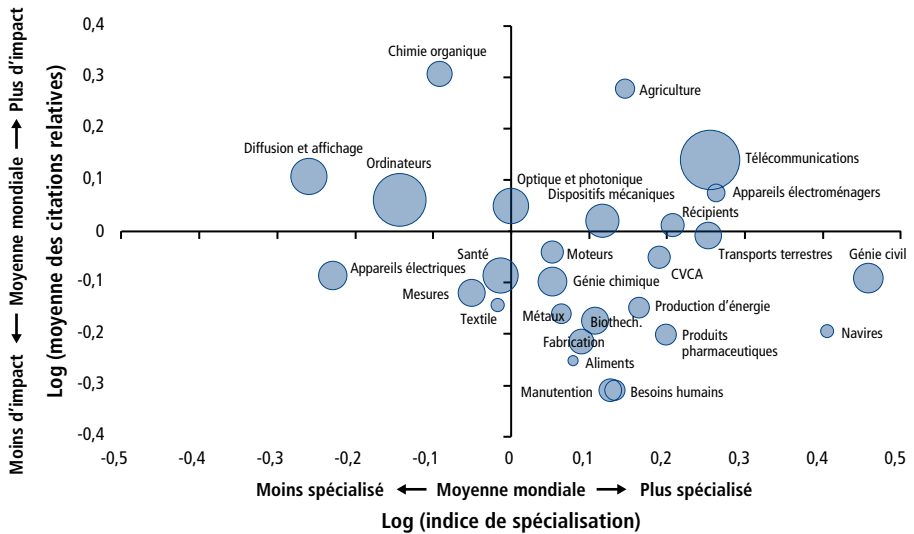
Source : CAC, 2006.

Figure 7.5

Analyse technométrique tirée du rapport de 2006 sur l'état de la S-T

La taille des cercles est proportionnelle au nombre de brevets dans chaque domaine. Sur les deux axes, la valeur zéro correspond à la moyenne mondiale.

Par contre, certains domaines de la technologie canadienne ont connu une chute spectaculaire de leur MCR depuis le rapport de 2006. C'est particulièrement le cas en optique et photonique, où les brevets canadiens étaient autrefois souvent cités par rapport à la moyenne mondiale, mais ont été tout juste au-dessus de la moyenne mondiale de 2005 à 2010. Les MCR ont aussi diminué de manière significative dans les domaines de la production et de la distribution d'énergie ainsi que des métaux et de la métallurgie, passant sous la moyenne mondiale. D'une manière générale, un plus grand nombre de catégories de brevets canadiens ont des niveaux de citation inférieurs à la moyenne mondiale, ce qui implique un déclin de la pertinence de ces brevets pour le développement de nouvelles technologies.



Remarque : Les MCR et les IS des sous-catégories de brevets sont donnés sous forme logarithmique afin de permettre la comparaison avec le rapport de 2006 sur l'état de la S-T.
 Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de données du Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis (USPTO)

Figure 7.6

Analyse technométrique, de 2005 à 2010

La taille des cercles est proportionnelle au nombre de brevets dans chaque domaine. Sur les deux axes, la valeur zéro correspond à la moyenne mondiale.

7.4 AUTRES MESURES DE LA COMMERCIALISATION DE LA RECHERCHE ET DU DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE

Reconnaissant les limites des brevets pour décrire l'ensemble des activités de recherche liées au développement technologique, le comité d'experts a aussi examiné divers autres indicateurs et sources de données susceptibles d'éclairer son évaluation des atouts du Canada en R-D appliquée. Parmi les nombreuses mesures possibles de ce type, mentionnons : les annonces d'invention; les montants perçus en redevances et droits de licence; les inventions dérivées; les entreprises créées; la commercialisation de nouveaux produits ou services; les partenariats entre universités (ou collègues) et entreprises. Dans certains cas, les données sur les marchés, par exemple sur les exportations liées à certains secteurs ou technologies, peuvent aussi être instructives sur les points forts de la S-T appliquée. Cependant, de telles mesures reflètent surtout l'activité commerciale plutôt que l'activité de recherche et elles vont donc au-delà du mandat du comité.

L'enquête de Statistique Canada (2010) sur la commercialisation de la propriété intellectuelle dans le secteur de l'enseignement supérieur recueille des données sur le développement de PI dans les universités et collèges, y compris les montants perçus en redevances et droits de licence, les annonces d'invention, les applications et problèmes liés aux brevets, ainsi que le personnel qui travaille à la commercialisation et à la gestion de la PI. Les chiffres les plus récents de cette enquête, présentés au tableau 7.3, révèlent une augmentation des dépenses d'exploitation consacrées à la gestion de la propriété intellectuelle, mais une stabilité relative des revenus tirés de ces activités.

Tableau 7.3

Propriété intellectuelle dans le secteur de l'enseignement supérieur au Canada

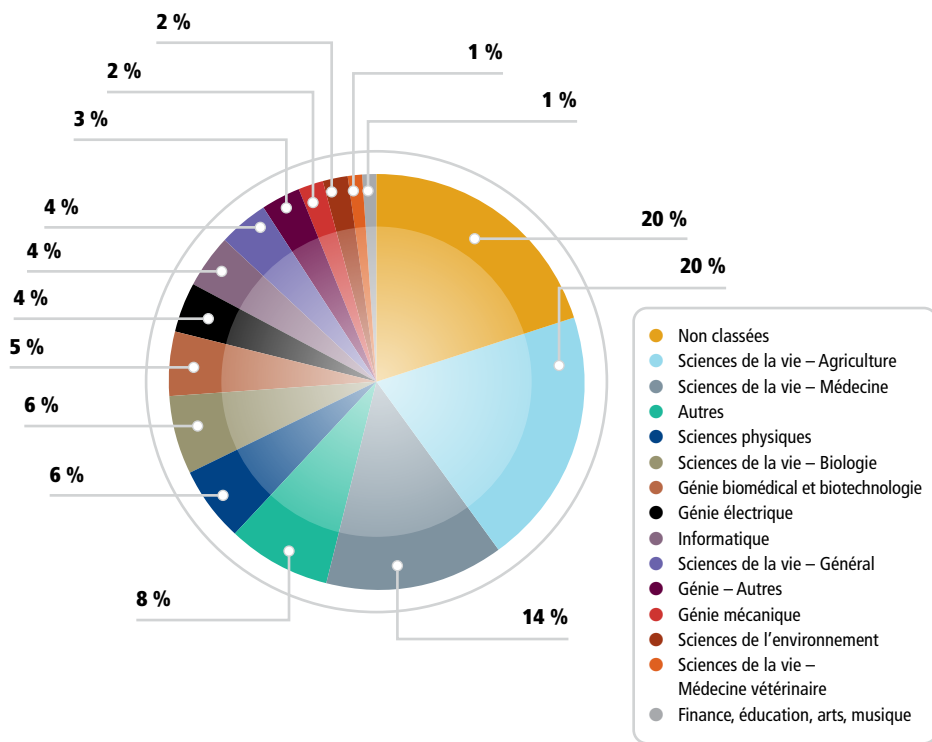
	2004	2005	2006	2007	2008
	Milliers de dollars				
Dépenses totales d'exploitation pour la gestion de la propriété intellectuelle ^a	36 927	41 544	42 492	41 851	51 124
Produits de la propriété intellectuelle ^a	51 210	55 173	59 689	52 477	53 183
	Nombre				
Nombre (équivalent temps-plein) d'employés travaillant à la gestion de la propriété intellectuelle	280	292	323	285	321
Inventions annoncées ^b	1 432	1 452	1 356	1 357	1 613
Inventions protégées ^b	629	761	707	668	820
Demandes de brevet ^c	1 264	1 410	1 442	1 634	1 791
Brevets accordés ^c	397	376	339	479	346
Brevets détenus ^c	3 827	3 961	4 784	4 185	5 908
Nouvelles licences et options ^{d, e}	494	621	437	538	524
Licences et options actives ^{d, e}	2 022	2 836	2 038	2 679	3 343

Remarques :

- a. Une propriété intellectuelle est toute création de l'esprit humain qui peut être protégée par la loi.
- b. Une invention est tout produit, procédé, machine, manufacture ou composition de matière qui peut être breveté, ou toute amélioration nouvelle et utile de l'un de ces éléments.
- c. Un brevet est un document qui protège les droits d'un inventeur. Les brevets sont accordés par les gouvernements de pays.
- d. Une licence est un accord en vertu duquel un client peut utiliser la propriété intellectuelle d'une institution contre un montant d'argent ou une autre considération.
- e. Une option est le droit de négocier une licence.

Source des données : Statistique Canada, 2010

L'AUTM (*Association of University Technology Managers* — Association des gestionnaires de la technologie dans les universités) mène chaque année une enquête sur les principaux produits de la S-T appliquée, les indicateurs en matière de PI, les annonces d'invention et les demandes de brevet dans les universités et institutions de recherche canadiennes. Lors de sa plus récente enquête, l'AUTM a



Source des données : AUTM, 2010

Figure 7.7
Annonces d’inventions dans 37 universités canadiennes par domaine de recherche, en 2008

analysé les annonces d’invention par domaine de recherche (voir la figure 7.7) et a montré que la grande majorité des annonces sont dans les domaines des sciences de la vie et du génie (AUTM, 2010).

Un autre indicateur important concernant le développement technologique et la recherche appliquée dans les universités et collèges est le nombre (et les types) de partenariats de recherche et de collaborations entre institutions d’enseignement et entreprises. Il y a peu de données publiquement disponibles sur la répartition des contrats de recherche entre des universités et l’industrie par secteur ou par type de recherche. Selon une telle étude menée par The Impact Group (2010), la majorité des contrats de recherche financés par l’industrie au Canada se limitent à seulement trois secteurs : les produits pharmaceutiques et la médecine; le génie et les services scientifiques; l’environnement (voir le tableau 7.4). Par contre, cette

étude ne portait que sur un échantillon de 20 institutions (8 universités ayant des programmes de médecine et de doctorat, 3 universités offrant des programmes complets sauf en médecine, 5 universités offrant des programmes de premier cycle, 4 hôpitaux de recherche). Il faudrait une étude plus étendue pour obtenir des conclusions fiables.

Tableau 7.4

Contrats entre des universités et l'industrie, par domaine d'activité du contractant, en 2010

Domaine d'activité du contractant	Nombre de contrats	Pourcentage du total
Produits pharmaceutiques et médecine	158	27,7
Services d'ingénierie et scientifiques	84	14,7
Environnement	70	12,3
Ressources naturelles	23	4,0
Production d'électricité	23	4,0
Produits chimiques et matériaux	19	3,3
Logiciels et services informatiques	19	3,3
Aérospatiale	16	2,8
Administration et gestion	14	2,5
Éducation	12	2,1
Services scientifiques	11	1,9
Énergie, pétrole et gaz	10	1,8
Santé	10	1,8
Pièces et composants électroniques	9	1,6
Appareils et instruments médicaux	9	1,6
Mines et première transformation des métaux	9	1,6
Sciences sociales	9	1,6
Automobile	8	1,4
Transports	8	1,4
Matériel de communication et de télécommunications	7	1,2
Matériel informatique	7	1,2
Tourisme	6	1,1
Défense	4	0,7
Autres	26	4,6
Total	571	100,0

Source : adapté avec l'autorisation de The Impact Group (2010)

Enfin, les collèges et les écoles polytechniques du Canada ont entrepris de plus en plus de projets de S-T appliquée au cours des dernières années, souvent en collaboration avec des entreprises locales. Étant donné l'importance grandissante de cette activité dans le secteur canadien de l'enseignement supérieur, les collèges et les écoles polytechniques surveillent attentivement les résultats obtenus en S-T appliquée et conçoivent de nombreux indicateurs en la matière. L'encadré 7.2 rapporte certaines des mesures effectuées par ces établissements.

Encadré 7.2

La S-T appliquée dans les collèges et les écoles polytechniques au Canada

Au Canada, les activités de S-T appliquée se déroulent en grande partie et de plus en plus dans les collèges et les écoles polytechniques. Les collèges communautaires offrent une formation technique et professionnelle conduisant à des certificats et surtout à des diplômes. Les écoles polytechniques sont des établissements de niveau universitaire et à haute intensité de recherche qui offrent une gamme complète de programmes d'enseignement appliqué. Dans les collèges et les écoles polytechniques, la recherche est presque exclusivement appliquée et orientée vers une collaboration étroite avec des entreprises canadiennes pour le développement, la démonstration et la commercialisation de technologies innovatrices ainsi que de nouveaux produits et services. Selon l'Association des collèges communautaires du Canada et Écoles polytechniques Canada, les collèges ont participé en 2009-2010 au Canada à 158 réseaux de recherche différents aux échelons local, régional, provincial et national. Les 9 écoles polytechniques du Canada ont collaboré avec 1085 partenaires industriels. Au total, 4051 entreprises ont participé en 2009-2010 à des projets de recherche appliquée avec des écoles polytechniques et collèges canadiens (soit une augmentation de 5 % par rapport à l'année précédente et au-delà de 7 fois plus qu'en 2005-2006). De plus, les collèges ont reçu 45 millions de dollars en fonds de recherche du secteur privé.

(ACCC, 2011)

La plupart des autres sources de données sur l'activité de R-D appliquée dans le secteur de l'enseignement supérieur et des organismes publics de recherche au Canada ne sont pas ventilées par domaine ou par type de recherche. De plus, dans bien des cas, les données n'existent que pour des établissements, des secteurs ou des régions bien précis et ne sont pas disponibles de manière cohérente dans tout le pays. Par conséquent, même si des statistiques générales de ce type peuvent mettre en lumière certains faits sur les points forts du Canada en R-D appliquée *dans le contexte précis de certaines institutions*, leur caractère spécifique ne permet

pas d'identifier de manière systématique les atouts du Canada en recherche et technologie. Le comité en conclut qu'il y a besoin de données plus systématiques et détaillées pour obtenir des indicateurs de l'activité en recherche appliquée et développement technologique au Canada.

7.5 CONCLUSIONS

Ce chapitre visait à évaluer les points forts de la recherche canadienne en matière de développement de nouvelles technologies, en utilisant notamment les brevets et des mesures connexes de l'application de connaissances. Malgré leurs imperfections, les brevets demeurent l'un des indicateurs les plus solides et les plus utilisés de l'activité en S-T appliquée. Selon l'analyse des données présentées ici, le Canada fait piètre figure pour plusieurs de ces indicateurs par rapport à d'autres pays avancés en S-T. Selon les citations de brevets, seulement trois domaines d'activité émergent clairement comme des points forts du Canada : l'agroalimentaire, les produits chimiques et les TIC. En général, le Canada ne possède qu'une proportion relativement faible des brevets par rapport à sa part de la recherche scientifique mondiale. Le Canada est également à la traîne quant aux redevances et droits de licence liés à la PI, et il demeure un exportateur net de PI.

Au Canada, les universités, collèges et autres organismes de recherche financés par des fonds publics mènent une gamme d'activités de recherche appliquée et de développement, dont une bonne part en étroite collaboration avec des entreprises canadiennes. Les brevets ne rendent évidemment pas compte de l'ensemble de ces activités. Par contre, les autres sources de données disponibles ne sont généralement pas assez fines pour permettre l'analyse des activités par domaine. De plus, elles ne sont pas suffisamment détaillées ou exhaustives pour donner une image cohérente de la S-T canadienne en matière de développement technologique. Ces limites montrent que le Canada souffre de lacunes importantes dans la collecte de données relatives à la recherche appliquée et au développement technologique.

8

Capacités du Canada en S-T

- Les nouveaux diplômés au Canada
- Les chercheurs au Canada
- Circulation du personnel hautement qualifié (PHQ)
- Les infrastructures
- Comparaison avec le rapport de 2006
- Conclusions

8 Capacités du Canada en S-T

Principales constatations

- De 2005 à 2009, les universités et collèges canadiens ont vu leur nombre de nouveaux diplômés augmenter au premier cycle, à la maîtrise et au doctorat. C'est au doctorat que l'augmentation a été la plus forte.
- Le Canada vient au premier rang mondial pour la proportion de la population ayant une éducation postsecondaire.
- Les étudiants étrangers comptent pour 11 % des nouveaux titulaires des doctorats octroyés par les universités canadiennes. Les domaines où ils sont surtout présents sont notamment : les sciences environnementales et de la Terre; les mathématiques et statistiques; l'agriculture, les pêcheries et la foresterie; la physique et l'astronomie.
- De 1997 à 2010, le Canada a connu un flux migratoire positif de chercheurs, en particulier dans les domaines suivants : médecine clinique; technologies de l'information et des communications (TIC); génie; chimie. Selon la moyenne des citations relatives, les chercheurs émigrants et immigrants ont été de qualité comparable.
- Dans les trois-quarts des domaines, la majorité des répondants à l'enquête auprès des chercheurs les plus cités au monde sont d'avis que le Canada possède des infrastructures ou programmes de recherche parmi les meilleurs au monde.

En S-T, de bons résultats sont impossibles sans des capacités suffisantes, notamment la disponibilité de personnel hautement qualifié et d'infrastructures prenant la forme d'installations, de réseaux et de programmes de recherche. Même si le mandat du comité (voir le chapitre 1) ne comprenait pas explicitement une évaluation des capacités du Canada en S-T, le comité d'experts est d'avis que cela constitue un aspect fondamental d'une évaluation de l'état de la S-T au Canada. Le personnel et les infrastructures définissent par qui et où se construit la S-T canadienne. Même s'ils ne révèlent pas par eux-mêmes les points forts du pays, la recherche canadienne doit avoir des capacités sous ces deux aspects pour être forte maintenant et construire son avenir.

8.1 LES NOUVEAUX DIPLÔMÉS AU CANADA

En général, la population canadienne est bien formée : 50 % des adultes de 25 à 64 ans ont complété un programme de niveau postsecondaire (au collège ou à l'université). Le Canada se place ainsi au premier rang des pays comparables et au-dessus des moyennes du G7 et de l'OCDE (voir la figure 8.1). Cela donne au Canada une base solide de gens éduqués qui peuvent faire des études supérieures en S-T.

En plus de cette importante population diplômée, le Canada compte de plus en plus d'étudiants de niveau postsecondaire : de 319 000 en 2005, ils sont passés à environ 370 000 en 2009, soit une augmentation de 15 %. En particulier, de 2005 à 2009,

le nombre de nouveaux diplômés de premier cycle, préalable essentiel aux études supérieures en recherche, a augmenté de 14 %, et le nombre de nouveaux titulaires d'une maîtrise a augmenté de 17 % (voir le tableau 8.1). D'autre part, le nombre de diplômés des collèges a augmenté de 17 % de 2005 à 2009.

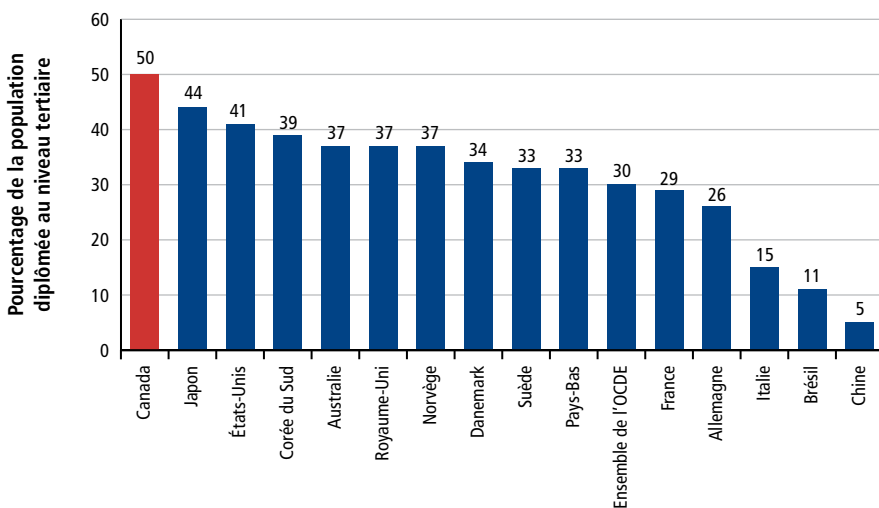
Tableau 8.1

Taux de croissance du nombre de diplômés des collèges et universités, par niveau de programme, de 2005 à 2009

Niveau académique	Nombre de nouveaux diplômés		Taux de croissance (%), de 2005 à 2009
	2009	2005	
Premier cycle universitaire	170 106	149 766	13,6
Collège	155 442	132 600	17,2
Maîtrise	38 304	32 730	17,0
Doctorat	5 673	4 194	35,3

Source des données : Statistique Canada, 2011d

Ce tableau montre le nombre d'étudiants qui ont complété avec succès un programme d'enseignement au cours de l'année de collecte des données. Les données du secteur collégial concernent les programmes techniques ou professionnels, à l'exclusion des programmes de formation continue et des programmes préuniversitaires (p. ex. CEGEP général et programmes de grade d'associé).



Source des données : OCDE, 2011b

Figure 8.1

Pourcentage de la population (âgée de 25 à 64 ans) diplômée de l'enseignement postsecondaire, collégial ou universitaire

Les données sont celles de l'année 2009. L'enseignement tertiaire est constitué des programmes des catégories 5A (programmes théoriques conçus pour l'admission dans les programmes de recherche avancée et les professions hautement qualifiées), 5B (programmes techniques ou spécifiques à une profession) et 6 (études avancées et recherche originale) de la Classification internationale type de l'éducation.

Le doctorat est mondialement admis comme le signe d'une formation spécialisée de haut niveau à la recherche. Les titulaires d'un doctorat sont non seulement capables de mener des activités universitaires de haut calibre, mais ils agissent aussi comme professeurs et mentors pour la prochaine génération de chercheurs. De plus, ils contribuent à la direction et aux capacités des entreprises ainsi que des organismes sociaux et culturels du Canada. De 2005 à 2009, le nombre de nouveaux diplômés des programmes de doctorat d'institutions canadiennes a augmenté substantiellement, le Canada ayant à ce chapitre la plus forte croissance parmi les pays comparables de l'OCDE (voir le tableau 8.2). Par contre, une comparaison avec les mêmes pays montre que, par rapport à sa population, le Canada arrive au huitième rang pour le nombre de nouveaux titulaires d'un doctorat (voir la figure 8.2)²⁸. Comparé aux indicateurs bibliométriques (voir le chapitre 4) ou à la réputation du Canada (voir le chapitre 5), ce rang relativement peu élevé est préoccupant, parce que le rendement futur du Canada en S-T dépend de la formation ou de l'immigration de personnel hautement qualifié et compétent.

Tableau 8.2

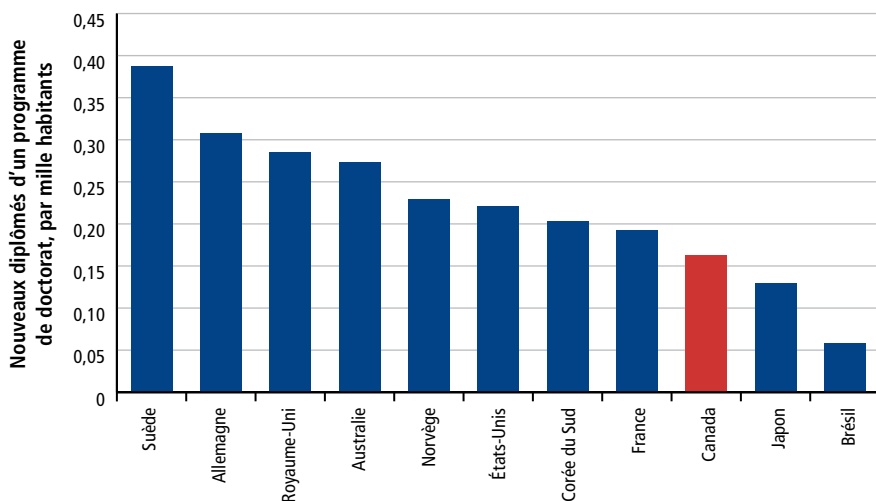
Nombre de nouveaux diplômés d'un programme de doctorat, par pays, en 2005 et en 2009

Pays	2009	2005	Taux de croissance (%), de 2005 à 2009
États-Unis	67 716	52 631	28,7
Allemagne	25 527	25 952	-1,6
Royaume-Uni	17 651	15 778	11,9
Japon	16 476	15 286	7,8
France	11 941	9 578	24,7
Corée du Sud	9 912	8 449	17,3
Australie	5 808	4 886	18,9
Canada	5 440	4 116	32,2
Suède	3 564	2 778	28,3
Pays-Bas	3 301	2 879	14,7
Norvège	1 084	838	29,4

Source des données : OCDE, 2011b

Les données sont triées selon le nombre de doctorants qui ont obtenu leur diplôme en 2009. Selon la Classification internationale type de l'éducation (utilisée par l'OCDE), les programmes de doctorat sont classés au niveau 6, programmes de recherche avancée. Les chiffres de la base de données de l'OCDE diffèrent de ceux du tableau 8.1, tirés de la base de données socio-économiques de Statistique Canada (CANSIM). La base de données CANSIM utilise la variable 2 (*Type de programme*) de la Classification pancanadienne type de l'éducation (CPCTE), qui donne le nombre réel de diplômés, alors que l'OCDE utilise la variable *Niveau de programme*, qui donne une estimation du nombre de diplômés.

²⁸ Des données comparables sur le nombre de doctorats décernés en Chine et en Inde n'étaient pas disponibles. On sait toutefois que ce nombre est très élevé.



Source des données : OCDE, 2011b

Figure 8.2

Nouveaux diplômés d'un programme de doctorat, par mille habitants, en 2009

Les données sont triées selon le nombre de doctorants qui ont obtenu leur diplôme en 2009.

Selon la Classification internationale type de l'éducation (utilisée par l'OCDE), les programmes de doctorat sont classés au niveau 6, programmes de recherche avancée. Les chiffres de la base de données de l'OCDE diffèrent de ceux du tableau 8.1, tirés de la base de données socio-économiques de Statistique Canada (CANSIM). La base de données CANSIM utilise la variable 2 (*Type de programme*) de la Classification pancanadienne type de l'éducation (CPCTE), qui donne le nombre réel de diplômés, alors que l'OCDE utilise la variable *Niveau de programme*, qui donne une estimation du nombre de diplômés.

Alors que les universités qui décernent des doctorats interviennent dans la découverte des connaissances, les collèges et les écoles polytechniques jouent un rôle utile en S-T. Ils procurent à des individus les compétences techniques et de résolution de problèmes requises en recherche appliquée et pour le développement technologique. L'examen du nombre de diplômés des collèges par millier d'habitants révèle que le Canada vient au second rang des pays comparables, derrière la Suède mais devant les grands pays industrialisés que sont la France, l'Allemagne et les États-Unis (OCDE, 2009).

Pour ce qui est des domaines d'étude, l'économie et les sciences de la gestion, les sciences sociales, ainsi que la santé publique et les soins de santé ont le plus de diplômés du secteur collégial (voir le tableau 8.3). Ces domaines ont également la plus forte proportion de diplômés du premier cycle universitaire, avec la communication et l'étude des textes de même que le génie. Au niveau de la maîtrise, on retrouvait

Tableau 8.3

Répartition des nouveaux diplômés par domaine et par niveau académique, en 2009

Domaine	Collège	Premier cycle universitaire	Maîtrise	Doctorat
Génie	14 850	10 419	3 723	1 032
Sciences sociales	22 179	40 869	8 874	705
Recherche biomédicale	135	4 437	1 077	579
Psychologie et sciences cognitives	201	10 080	1 080	435
Économie et sciences de la gestion	37 764	35 037	9 831	315
Biologie	366	7 038	792	294
Communication et étude des textes	5 286	12 405	1 737	273
Médecine clinique	7 437	4 680	576	264
Technologies de l'information et des communications	6 315	3 438	921	234
Chimie	54	1 014	282	231
Physique et astronomie	426	804	297	192
Sciences environnementales et de la Terre	1 086	1 926	963	177
Mathématiques et statistiques	S.o.	1 920	546	159
Agriculture, pêcheries et foresterie	1 560	933	408	153
Étude de l'histoire	93	5 781	747	138
Santé publique et soins de santé	17 700	10 254	3 252	138
Philosophie et théologie	39	1 986	573	117
Arts visuels et arts de la scène	6 042	7 092	915	93
Environnement construit et design	1 269	3 138	1 056	60
Arts et sciences humaines, général	3 864	5 529	207	48
Technologies habilitantes et stratégiques	600	159	111	3
Science et technologie, général	543	1 140	21	3

Source des données : Statistique Canada, 2011 d

Ce tableau est trié par ordre décroissant du nombre de nouveaux diplômés d'un programme de doctorat. La somme des nombres de diplômés de tous les domaines à un niveau donné peut ne pas être égale au nombre total de diplômés de ce niveau. Cela vient d'une pratique de Statistique Canada, qui arrondit les décomptes du Système d'information sur les étudiants postsecondaires au multiple de trois le plus près. La répartition aléatoire des arrondis peut entraîner de légères anomalies. Comme les sous-totaux sont également arrondis de manière aléatoire, ils peuvent ne pas être égaux à la somme des composantes elles-mêmes arrondies de manière aléatoire. Cela est probablement plus manifeste lorsque les fréquences sont faibles. Les domaines d'enseignement énumérés dans la Classification des programmes d'enseignement (CPE) de Statistique Canada ont été reclassés dans les domaines énumérés dans l'ontologie de Science-Metrix (voir l'appendice 8).

les proportions les plus élevées de diplômés dans les domaines suivants : économie et sciences de la gestion (probablement surtout des MBA); sciences sociales; génie; santé publique et soins de santé; communications et étude des textes. Par contre, c'est en génie que la proportion de nouveaux titulaires d'un doctorat était la plus élevée. Les sciences sociales, la recherche biomédicale, puis la psychologie et les sciences cognitives venaient ensuite. Les domaines aux indicateurs bibliométriques élevés (voir le chapitre 4) qui avaient les plus hauts taux de nouveaux titulaires d'un doctorat de 2005 à 2009 comprenaient les TIC ainsi que la physique et l'astronomie. De la même manière, l'astronomie et l'astrophysique, autre point fort identifié au chapitre 4 (voir le tableau 4.6) ont connu la plus forte croissance à la maîtrise et au doctorat de 2005 à 2009, avec une augmentation de 350 % du nombre de doctorats et de 700 % du nombre de maîtrises. La physique des particules et nucléaire ainsi que les lettres classiques ont également connu une forte croissance du nombre de maîtrises décernées, avec une augmentation de 200 %. Par contre, l'anatomie et la morphologie, ainsi que la zoologie, ont subi les diminutions parmi les plus importantes du nombre de doctorats décernés au cours de la même période (voir l'appendice 8).

8.2 LES CHERCHEURS AU CANADA

Selon le *Manuel de Frascati* (OCDE, 2002), les chercheurs sont des « spécialistes travaillant à la conception ou à la création de connaissances, de produits, de procédés, de méthodes et de systèmes nouveaux et à la gestion des projets concernés ». Par rapport à sa population, le Canada a autant de chercheurs que les États-Unis et le Royaume-Uni, mais moins que le Japon, la Norvège et la Suède (voir le tableau 8.4). De 2004 à 2008, le nombre de chercheurs a augmenté modestement au Canada, et considérablement moins qu'au Brésil ou en Chine. Au Canada, 60 % des chercheurs travaillent dans le secteur privé, 6 % au gouvernement, et 33 % dans le secteur de l'enseignement supérieur (voir la figure 8.3).

Tableau 8.4

Nombre de chercheurs au Canada et dans certains autres pays, en 2004 et en 2008

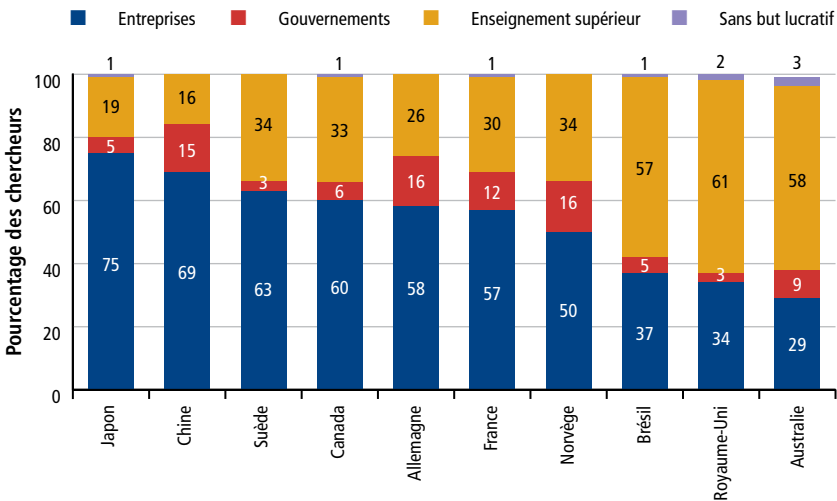
Pays	Chercheurs		Chercheurs par million d'habitants, en 2008	Taux de croissance (%)
	2004	2008		
Norvège	21 163	26 605	5 504	25,70
Japon	653 747	656 676	5 190	0,40
Suède	48 784	46 719	5 018	-4,20
États-Unis	1 384 536	1 412 639	4 673	12,80
Canada	130 383	142 948	4 335	9,60

suite à la page suivante

Pays	Chercheurs		Chercheurs par million d'habitants, en 2008	Taux de croissance (%)
	2004	2008		
Australie	81 192	91 617	4 259	12,80
Royaume-Uni	228 969	235 373	3 794	2,80
Allemagne	270 215	311 500	3 780	15,30
France	202 377	229 130	3 689	13,20
Chine	926 252	1 592 420	1 199	71,90
Brésil	98 341	133 266	696	35,50

Source des données : UNESCO, 2011

Le tableau est classé par ordre décroissant du nombre de chercheurs par million d'habitants. Les données représentent les nombres de chercheurs en 2008, sauf pour: le Canada et les États-Unis (2007); l'Allemagne, la Norvège et la Suède (2009); le Royaume-Uni (2010).



Source des données : UNESCO, 2011

Figure 8.3

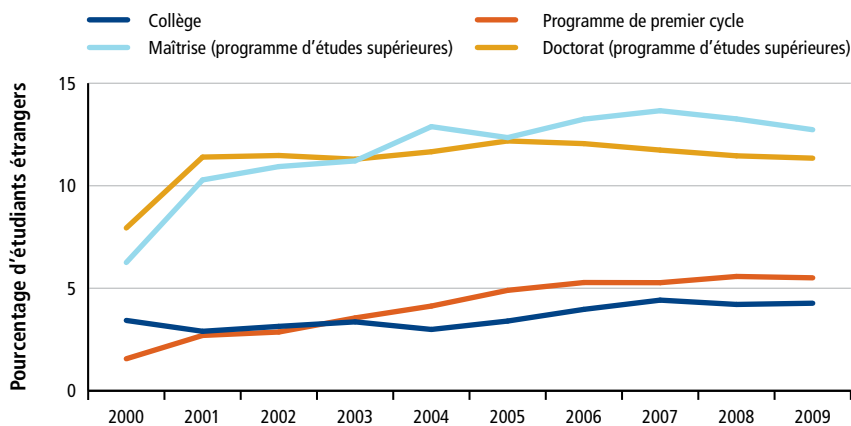
Chercheurs actifs en R-D par pays et par secteur, en 2008

Le terme *chercheur* correspond ici à la définition de l'OCDE : « spécialistes travaillant à la conception ou à la création de connaissances, de produits, de procédés, de méthodes et de systèmes nouveaux et à la gestion des projets concernés ». Les données représentent les proportions de chercheurs en 2008, sauf pour: le Canada (2007); l'Allemagne, la Norvège et la Suède (2009); le Royaume-Uni (2010). Les données n'étaient pas disponibles pour les États-Unis.

8.3 CIRCULATION DU PERSONNEL HAUTEMENT QUALIFIÉ (PHQ)

8.3.1 Étudiants étrangers

Le terme *étudiants étrangers* désigne les étudiants qui sont venus au Canada pour entreprendre une scolarité dans une institution d'enseignement canadienne. De 2000 à 2009, il y a eu une augmentation constante du pourcentage de diplômés étrangers à tous les niveaux de programme au Canada (voir la figure 8.4), et cette proportion a atteint 6 % des diplômés en 2009. En particulier, les étudiants étrangers comptaient pour 12 % de tous les diplômés au niveau de la maîtrise, et 11 % au doctorat, ce qui montre l'attrait des programmes avancés de recherche au Canada. Voici les domaines qui comptaient les proportions les plus élevées d'étudiants étrangers parmi les nouveaux titulaires d'un doctorat : technologies habilitantes et stratégiques; sciences environnementales et de la Terre; mathématiques et statistiques; agriculture, pêcheries et foresterie; physique et astronomie (voir le tableau 8.5). À l'exception de l'agriculture, des pêcheries et de la foresterie, le Canada n'était pas classé parmi les meilleurs dans ces domaines selon les répondants à l'enquête auprès des chercheurs les plus cités au monde (voir le chapitre 5). Cette apparente contradiction peut s'expliquer de plusieurs manières. Il se peut que les étudiants étrangers choisissent le Canada pour sa réputation internationale en S-T en général et non dans un domaine donné; ou ils peuvent être attirés par des chercheurs ou instituts précis dont l'excellence dans un domaine ne se reflète pas dans les statistiques nationales. Ils peuvent aussi choisir le Canada pour des domaines d'études qui ne sont pas accessibles dans leur pays d'origine, ou encore pour des raisons financières, sociales ou personnelles.



Source des données : Statistique Canada, 2011d

Figure 8.4

Pourcentage de diplômés étrangers d'institutions canadiennes, par niveau de programme

Un diplômé étranger est défini comme une personne qui, au moment de l'obtention de son diplôme, possédait un visa d'étudiant valide au Canada.

Tableau 8.5

Pourcentage de diplômés étrangers d'institutions canadiennes au niveau du doctorat, par domaine, de 2005 à 2009

Domaine	Pourcentage
Technologies habilitantes et stratégiques	50,0*
Sciences environnementales et de la Terre	25,7
Mathématiques et statistiques	25,3
Agriculture, pêcheries et foresterie	23,0
Physique et astronomie	19,5
Génie	17,5
Technologies de l'information et des communications	15,7
Biologie	15,1
Chimie	15,0
Philosophie et théologie	14,9
Arts visuels et arts de la scène	14,2
Environnement construit et design	13,9
Services de sécurité et de protection	13,8
Économie et sciences de la gestion	13,6
Étude de l'histoire	13,3
Communication et étude des textes	11,5
Sciences sociales	9,8
Médecine clinique	9,5
Recherche biomédicale	8,1
Arts et sciences humaines, général	7,7
Psychologie et sciences cognitives	4,9
Santé publique et soins de santé	4,0
Science et technologie, général	0

Source des données : Statistique Canada, 2011 d

La somme des nombres de diplômés de tous les domaines à un niveau donné peut ne pas être égale au nombre total de diplômés de ce niveau. Cela vient d'une pratique de Statistique Canada, qui arrondit les décomptes du Système d'information sur les étudiants postsecondaires au multiple de trois le plus près. La répartition aléatoire des arrondis peut entraîner de légères anomalies. Comme les sous-totaux sont également arrondis de manière aléatoire, ils peuvent ne pas être égaux à la somme des composantes elles-mêmes arrondies de manière aléatoire. Cela est probablement plus manifeste lorsque les fréquences sont faibles.

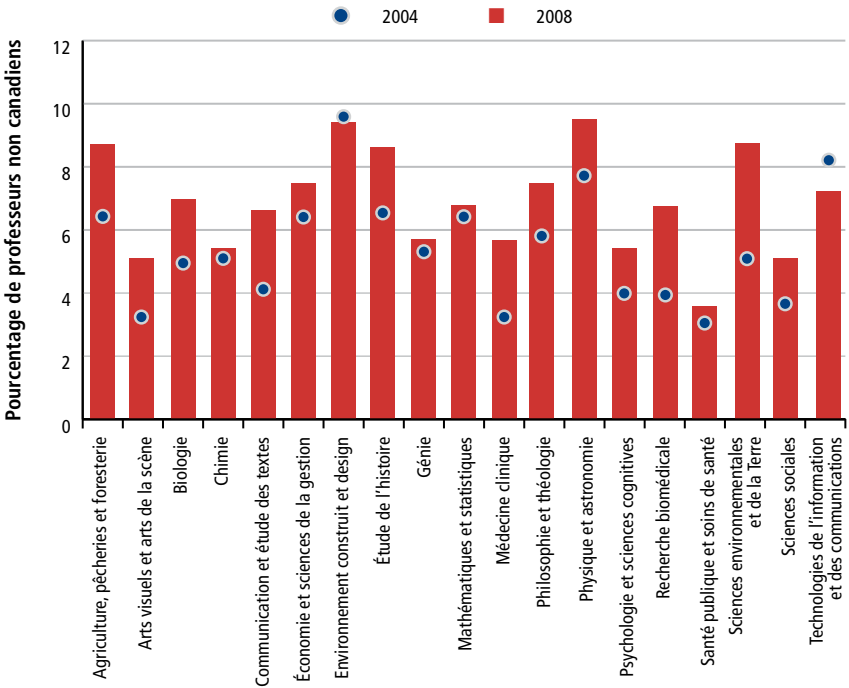
*Le nombre total de diplômés dans ce domaine a été de 12, dont 6 étudiants étrangers.

Les domaines d'enseignement énumérés dans la Classification des programmes d'enseignement (CPE) de Statistique Canada ont été reclassés dans les domaines énumérés dans l'ontologie de Science-Metrix (voir l'appendice 8).

8.3.2 Les chercheurs étrangers

Une manière d'améliorer la production et l'impact de la S-T canadienne consiste à attirer des chercheurs étrangers. En 2008, il y avait dans les universités et collèges canadiens 5238 professeurs étrangers ayant un visa de travail. Ils représentaient 6 %

de l'ensemble du corps professoral, soit 21 % de plus qu'en 2004. Voici les domaines qui comptaient la plus forte proportion de professeurs ayant un visa de travail : physique et astronomie; environnement construit et design; agriculture, pêcheries et foresterie; sciences environnementales et de la Terre (voir la figure 8.5). Il n'y a pas de corrélation nette entre, d'une part, le nombre de chercheurs étrangers et, d'autre part, la réputation internationale du Canada (voir le chapitre 5), le volume de la recherche ou son impact bibliométrique (voir le chapitre 4). Cela signifie que, pour les chercheurs étrangers, l'attrait du Canada réside vraisemblablement dans des facteurs autres que ses points forts. Il est probable que les chercheurs fondent leur choix davantage sur le programme de recherche des institutions où ils travaillent, ainsi que sur des considérations personnelles, économiques et sociales.



Source des données : Statistique Canada, 2011b

Figure 8.5

Proportion de professeurs non canadiens, par domaine, en 2004 et en 2008

Un professeur est défini ici comme une personne qui enseigne à plein temps dans une institution qui décerne un diplôme universitaire. Les domaines d'enseignement énumérés dans la Classification des programmes d'enseignement (CPE) de Statistique Canada ont été reclassés dans les domaines énumérés dans l'ontologie de Science-Metrix (voir l'appendice 8).

8.3.3 Flux migratoires de chercheurs

Une migration d'un chercheur est un changement du pays où il travaille. De nouvelles techniques d'analyse bibliométrique permettent de repérer de tels mouvements en examinant les changements d'affiliation institutionnelle des chercheurs qui publient. Ces données facilitent les calculs de taux d'immigration, d'émigration et de migration transitoire (émigration temporaire de Canadiens vers l'étranger et immigration temporaire d'étrangers au Canada). Pour avoir de l'information sur les flux migratoires de chercheurs, Science-Metrix a utilisé un échantillon de 22 579 chercheurs qui avaient dans la base de données *Scopus* un marqueur d'identification (attribuant correctement à ces auteurs tous leurs articles)²⁹. Il s'agit de chercheurs qui ont publié au cours d'au moins 3 années différentes de 1997 à 2010 et qui ont publié au moins 10 articles. Autrement dit, ce sont tous des chercheurs établis (voir le détail de la méthodologie à l'appendice 1).

De 1997 à 2010, le Canada a connu un flux migratoire positif de (0,9 %), avec davantage d'immigrants (environ 900) que d'émigrants (environ 700). Les immigrants et les émigrants ont eu des moyennes de citations relatives (MCR) comparables, soit 1,53 et 1,57 respectivement, c'est-à-dire dans les deux cas des MCR élevées. Au cours de la même période, le Canada a réussi à attirer sept fois plus de chercheurs de manière temporaire que le nombre de chercheurs canadiens qui ont émigré temporairement avant de revenir au pays. Les MCR des chercheurs étrangers venus de manière temporaire au Canada ont été plus élevées que celles des Canadiens qui ont émigré temporairement (voir le tableau 8.6). Au total, le Canada maintient sa position dans un environnement mondial hautement concurrentiel.

L'analyse des tendances migratoires à l'échelle des domaines a révélé que les TIC ont eu la plus forte immigration nette vers le Canada, avec un flux net de 56 chercheurs (voir le tableau 8.7), suivies de la médecine clinique (45) et du génie (29). Voici les domaines dans lesquels le Canada a attiré de manière temporaire le plus grand nombre de chercheurs étrangers : médecine clinique; physique et astronomie; recherche biomédicale; TIC; chimie.

29 Comme le nom d'un auteur figure souvent sous différentes formes dans *Scopus* (p. ex. Rogers D., Rogers D.M. et Rogers Daniel M. correspondent tous à Daniel Michael Rogers) et qu'un même nom peut correspondre à plusieurs auteurs (p. ex. Rogers D. peut désigner Daniel Michael Rogers ou David Rogers), on ne peut pas utiliser les noms tels qu'ils figurent dans la base de données pour examiner les flux migratoires, à moins de vérifier la correspondance entre un auteur et les articles qu'il a publiés. Une telle vérification est toutefois longue et coûteuse.

Tableau 8.6

Flux migratoires de chercheurs au Canada, de 1997 à 2010

Flux migratoire	Nombre de chercheurs	Pourcentage de l'échantillon	Moyenne des citations relatives (MCR)
Émigration	711	3,1	1,57
Immigration	903	4,0	1,53
Émigration temporaire du Canada	106	0,5	1,36
Immigration temporaire au Canada	766	3,4	1,52
Flux migratoire net vers le Canada	192	0,9	–
Échantillon	22 579	100,0	1,34

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

L'émigration temporaire du Canada concerne des personnes qui ont déménagé temporairement pour faire de la recherche dans un autre pays, avant de revenir pour de bon au Canada.

L'immigration temporaire au Canada concerne des personnes qui ont résidé temporairement au Canada pour y faire de la recherche, avant de retourner dans leur pays d'origine ou de s'établir dans un autre pays.

Tableau 8.7

Flux migratoires de chercheurs au Canada à l'échelle des domaines, de 1997 à 2010

Domaine	Émigration		Immigration		Émigration temporaire du Canada		Immigration temporaire au Canada		Flux migratoire net vers le Canada	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
TIC	53	3,0	109	6,1	14	0,8	49	2,7	56	3,1
Génie	25	1,7	54	3,7	1	0,1	37	2,6	29	2,0
Chimie	51	4,3	61	5,1	7	0,6	46	3,8	10	0,8
Médecine clinique	213	3,7	258	4,5	40	0,7	255	4,4	45	0,8
Physique et astronomie	98	5,5	104	5,8	18	1,0	69	3,8	6	0,3
Recherche biomédicale	57	2,6	61	2,8	6	0,3	65	3,0	4	0,2
Technologies habilitantes et stratégiques	37	3,3	39	3,5	4	0,4	39	3,5	2	0,2

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

Les domaines indiqués dans ce tableau sont ceux pour lesquels l'échantillon comprenait au moins 1000 marqueurs d'identification d'auteur. Les pourcentages sont donnés par rapport à l'échantillon total. L'émigration temporaire du Canada concerne des personnes qui ont déménagé temporairement pour faire de la recherche dans un autre pays, avant de revenir pour de bon au Canada. L'immigration temporaire au Canada concerne des personnes qui ont résidé temporairement au Canada pour y faire de la recherche, avant de retourner dans leur pays d'origine ou de s'établir dans un autre pays. Les données sont triées par ordre décroissant des flux migratoires nets vers le Canada.

8.4 LES INFRASTRUCTURES

En plus du personnel hautement qualifié, le Canada a besoin de réseaux de soutien, de programmes et d'infrastructures de recherche. Cet aspect des capacités canadiennes a été évalué à l'aide des enquêtes internationale et canadienne.

8.4.1 Enquête auprès des chercheurs les plus cités au monde

On a demandé aux chercheurs les plus cités au monde si le Canada possède d'après eux des programmes ou des infrastructures de recherche de classe mondiale. Plus de la moitié des 5154 répondants ont indiqué que le Canada a des capacités de classe mondiale, avec les pourcentages les plus élevés en arts visuels et arts de la scène (75 %, voir plus loin l'encadré *Pleins feux sur les arts et les médias numériques*), en mathématiques et statistiques (66 %) ainsi qu'en physique et astronomie (66 %) (voir le tableau 8.8)³⁰. La proportion élevée de répondants qui ont indiqué « Ne sais pas » n'est pas une surprise, étant donné l'échantillon de l'enquête (les chercheurs les plus cités au monde, qui pouvaient connaître plus ou moins bien le Canada). Même si moins de 10 % des répondants avaient déjà travaillé ou étudié au Canada (voir le chapitre 5), dans les trois-quarts des domaines, la majorité d'entre eux ont indiqué que le Canada possède des infrastructures ou des programmes de recherche de classe mondiale, ce qui témoigne de la bonne réputation internationale de la recherche canadienne.

Tableau 8.8

Réponses à la question : « Selon vous, le Canada a-t-il des infrastructures ou des programmes de recherche qui revêtent de l'importance à l'échelle mondiale? », posée aux chercheurs les plus cités dans le monde

Domaine	Oui (%)	Non (%)	Ne sais pas (%)	Totaux
Arts visuels et arts de la scène	75	8	17	12
Mathématiques et statistiques	66	4	31	198
Physique et astronomie	66	5	29	406
Santé publique et soins de santé	65	9	27	175
Agriculture, pêcheries et foresterie	63	6	31	173
Psychologie et sciences cognitives	63	6	31	182
Sciences environnementales et de la Terre	61	7	33	428
Recherche biomédicale	59	9	32	663
Médecine clinique	59	7	34	419
Biologie	55	7	38	293

suite à la page suivante

30 Le texte complet de ces réponses est accessible dans la base de données de l'enquête, sur demande auprès du Conseil des académies canadiennes.

Domaine	Oui (%)	Non (%)	Ne sais pas (%)	Totaux
Étude de l'histoire	53	10	36	58
Technologies habilitantes et stratégiques	52	8	40	212
Génie	52	7	41	749
Chimie	52	9	39	433
Économie et sciences de la gestion	51	15	34	92
Sciences sociales	51	11	39	152
Philosophie et théologie	49	8	43	49
Technologies de l'information et des communications	44	10	47	357
Environnement construit et design	43	10	47	51
Communication et étude des textes	35	2	63	51
Totaux	56	8	36	5 154

8.4.2 Enquête auprès d'experts canadiens de la S-T

Le tableau 8.9 présente l'opinion d'experts canadiens de la S-T sur les infrastructures de recherche du Canada. Plus de 85 % des répondants ont indiqué que le Programme des chaires de recherche du Canada, les universités et les hôpitaux de recherche canadiens, la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) et les Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC) représentent un avantage en S-T pour le Canada. On ne peut pas comparer directement les résultats de cette question et ceux de la même question posée en 2006, en raison des différences entre les méthodes d'échantillonnage (voir le chapitre 2). On peut tout de même noter, de manière générale, un degré élevé de concordance entre ces résultats et ceux de l'enquête de 2006.

Jusqu'à un certain point, ces résultats suivent les tendances en matière d'investissements dans la recherche décrites au chapitre 3 : le Canada a investi des montants relativement importants en S-T dans le secteur de l'enseignement supérieur (DIRDES), et relativement moins dans le secteur des entreprises (DIRDE). De la même manière, les infrastructures généralement associées au soutien à la S-T dans le secteur de l'enseignement supérieur, telles que les conseils subventionnaires, les universités et les hôpitaux de recherche, sont plus souvent perçues comme un avantage pour le Canada, alors que les infrastructures généralement associées au soutien à la S-T dans le secteur des entreprises comme les fournisseurs de capital de risque, ont tendance à être les moins souvent décrites comme un avantage pour le Canada.

Tableau 8.9

Opinion des experts canadiens de la S-T sur les infrastructures de recherche canadiennes

	2011			2006		
	Avantage (%)	Ni l'un ni l'autre (%)	Désavantage (%)	Avantage (%)	Ni l'un ni l'autre (%)	Désavantage (%)
Chaires de recherche canadiennes	88	7	5	82	12	6
Universités canadiennes	87	8	4	80	13	7
Fondation canadienne pour l'innovation (FCI)	87	7	6	82	12	6
Hôpitaux de recherche canadiens	86	8	6	80	13	7
Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC)	85	8	7	78	13	8
Centre canadien de rayonnement synchrotron	83	14	3	73	21	5
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG)	81	11	9	78	13	9
Observatoire de neutrinos de Sudbury (ONS)	80	17	3	74	20	6
Centres de séquençage génomique	77	17	6	–	–	–
Brise-glace de recherche canadien (Amundsen)	77	21	2	69	25	6
Réseaux de centres d'excellence	77	12	11	73	16	12
TRIUMF (UCB)	73	21	6	64	27	9
Réseaux de calcul haute performance	73	18	9	64	28	9
Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH)	72	18	11	62	25	13
Chaires d'excellence en recherche du Canada (CERC)	71	17	11	–	–	–
Statistique Canada	71	18	11	–	–	–
Institut PÉRIMÈTRE de physique théorique	71	23	6	–	–	–
Instituts du Conseil national de recherches	68	18	13	72*	16*	11*
Génome Canada et centres régionaux	67	20	13	68	18	14
Programmes provinciaux et territoriaux de financement de la recherche	66	19	15	54	19	27
Laboratoires de recherche sur des maladies infectieuses	65	27	7	78	17	5
Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) du CNRC	64	21	15	76	16	8
Conseils de recherches provinciaux	64	18	18	47	27	26
Crédit d'impôt RS&DE	63	22	15	73	19	8
Réseau haute vitesse CANARIE	63	27	9	65	28	7
Réacteur NRU (EAACL)	62	28	10	55	35	10

suite à la page suivante

	2011			2006		
	Avantage (%)	Ni l'un ni l'autre (%)	Désavantage (%)	Avantage (%)	Ni l'un ni l'autre (%)	Désavantage (%)
Centres de données de recherche du CRSH	58	30	12	56	33	11
Observatoires astronomiques	58	32	10	57	34	9
Conseil des arts du Canada	57	33	11	–	–	–
Laboratoires et installations du gouvernement fédéral	56	26	18	72*	16*	11*
Transfert de technologie d'universités	56	23	21	48	28	24
NEPTUNE Canada	56	39	5	–	–	–
Institut canadien de recherches avancées (ICRA)	55	34	11	56	32	13
Centre de recherches pour le développement international (CRDI)	55	30	15	48	32	20
Centres d'excellence en commercialisation et en recherche (CECR)	53	26	21	–	–	–
Bibliothèque et Archives Canada	53	36	11	52	36	12
Protection de la propriété intellectuelle	51	36	12	43	39	18
Programmes fédéraux d'aide financière pour sociétés à forte concentration technologique	51	27	22	56	27	17
Écoles polytechniques canadiennes	50	40	10	–	–	–
Réglementation en matière de santé et sécurité	50	38	11	45	38	17
Programmes d'aide financière de gouvernements provinciaux pour sociétés à forte concentration technologique	49	27	24	51	24	25
Soutien charitable pour la recherche	48	22	30	36	26	38
VENUS Canada	48	46	6	–	–	–
Réseau canadien de documentation pour la recherche (RCDR)	47	40	13	41	46	13
Technologies du développement durable Canada	47	36	16	47	37	15
Conseil des académies canadiennes (CAC)	46	41	13	–	–	–
Réglementation en matière d'environnement	46	36	18	40	39	21
Laboratoires et installations de gouvernement provinciaux	46	27	28	–	–	–
RCE dirigés par des entreprises	44	34	22	–	–	–
Système bancaire canadien	37	30	33	16	36	48
Réglementation en matière de droits d'auteur	37	43	20	–	–	–
Réglementation en matière de législation commerciale cadre	37	47	16	32	46	23

suite à la page suivante

	2011			2006		
	Avantage (%)	Ni l'un ni l'autre (%)	Désavantage (%)	Avantage (%)	Ni l'un ni l'autre (%)	Désavantage (%)
Exportation et développement Canada (EDC)	36	41	24	39	41	20
Transfert de technologie de collèges et écoles polytechniques	36	38	25	–	–	–
Collèges communautaires canadiens	34	44	22	40	44	16
Banque de développement du Canada (BDC)	32	38	30	31	39	29
Conseillers en S-T (Commerce international Canada)	29	40	31	39	41	20
Fournisseurs de capital de risque	27	27	46	29	25	46
Corporation commerciale canadienne (CCC)	23	46	31	25	53	21

Remarque : Ce tableau présente les réponses données en 2006 et en 2011 à la question suivante : « Pour les éléments pour lesquels vous vous sentez à l'aise d'exprimer votre point de vue, veuillez dire la mesure dans laquelle ils représentent un avantage pour le Canada en matière de recherche ou d'application technologiques par rapport à d'autres pays avancés (c.-à-d. le groupe de l'OCDE ou d'autres pays de ce type) ». Les tirets indiquent des éléments qui ne faisaient pas partie de l'enquête de 2006. Le tableau est classé par ordre décroissant du pourcentage de réponses « Avantage » dans l'enquête de 2011. Les répondants devaient noter chaque infrastructure sur une échelle de 1 à 7. Une note de 5 à 7 correspondait à un « Avantage », une note de 4 à « Ni l'un ni l'autre », et une note de 1 à 3 à un « Désavantage ». Certains noms d'organismes ont été corrigés après l'enquête pour la traduction et la publication du rapport.

* En 2006, les instituts du CNRC et les laboratoires fédéraux étaient regroupés dans une même sous-question. Ils ont été séparés pour l'enquête de 2011.

8.5 COMPARAISON AVEC LE RAPPORT DE 2006

L'analyse du personnel hautement qualifié au Canada constitue un nouvel aspect de cette évaluation et ne peut donc être comparé au contenu du rapport de 2006. L'enquête menée auprès d'experts canadiens sur les infrastructures et les programmes de soutien à la S-T au Canada a donné des résultats très semblables à ceux de 2006.

Plains feux sur les arts et les médias numériques

L'expression culturelle est profondément enracinée au sein des traditions intellectuelles du Canada et est devenue une composante significative de sa capacité économique, représentant plus de 4 % du produit intérieur brut du pays (Conference Board du Canada, 2008). Le Canada compte des universités généralistes qui ont des programmes bien établis dans les domaines des beaux-arts et des arts de la scène, ainsi qu'un réseau d'établissements indépendants d'art et de design situés à Vancouver, Calgary, Banff, Toronto et Halifax.

suite à la page suivante

Plains feux sur les arts et les médias numériques *(suite)*

Ces institutions engendrent et renforcent des centres de création — villes et régions jouissant d'une vie culturelle dynamique et dotées d'institutions telles que musées, théâtres et orchestres, qui attirent le talent et les investissements. De plus, les agglomérations de Vancouver, Toronto et Montréal sont des plaques tournantes importantes à l'échelle nationale quant aux capacités de recherche. La croissance des capacités et de la pratique de la recherche est reconnue au pays par le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada. Le Fonds de recherche — Société et Culture (FQRSC) joue un rôle important dans l'excellence en recherche dans les domaines des beaux-arts et des arts de la scène au Québec, chef de file au pays dans le rendement en recherche dans ces domaines.

Le dynamisme des secteurs des arts et des TIC, ainsi que l'importance récemment accordée par le Canada à une stratégie d'économie numérique, ont entraîné des investissements significatifs en recherche sur les médias numériques et les technologies connexes. Des centres de recherche sur les médias numériques regroupent les arts visuels et les arts de la scène, la recherche interdisciplinaire et l'industrie. Ils chevauchent plusieurs domaines, dont la communication et l'étude des textes, les TIC, ainsi que les arts visuels et les arts de la scène. Par exemple, le réseau GRAND (Graphisme, animation et nouveaux médias), l'un des réseaux de centres d'excellence, suscite des collaborations entre les arts visuels et les arts de la scène, le design, la recherche scientifique et la recherche en sciences sociales dans le contexte des médias numériques. L'Institut de recherche et d'innovation en médias numériques de l'Université OCAD à Toronto regroupe le design universel, la visualisation de données, ainsi que les médias mobiles et numériques. Il est financé par les gouvernements fédéral et de l'Ontario, des partenaires industriels, de même que la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI), par le truchement de son soutien à l'Institut de design universel. À Montréal, Hexagram, mis sur pied grâce à un financement du FCI et du gouvernement du Québec, est le plus grand consortium canadien de recherche en arts médiatiques, en design, ainsi qu'en performance et technologies interactives. Il rassemble plus de 80 chercheurs de l'Université Concordia, de l'Université du Québec à Montréal, et plus récemment de l'Université de Montréal et de l'Université McGill. L'Université Emily-Carr d'art et de design a construit ses studios numériques Intersections avec le soutien du FCI et du gouvernement de la Colombie-Britannique.

Ensemble, ces instituts ont attiré des talents, mené et diffusé des recherches au Canada et bien au-delà, et servi de modèles pour des chercheurs et des institutions d'autres pays.

8.6 CONCLUSIONS

Les capacités du Canada, sous la forme de personnel hautement qualifié et d'infrastructures, sont cruciales pour sa force actuelle et future en S-T. Les données à ce chapitre montrent que le Canada a des atouts et des points faibles.

Le Canada a la proportion la plus élevée de diplômés de niveau postsecondaire de l'OCDE — ce qui constitue une base solide —, mais cela ne se traduit pas par un nombre élevé de titulaires d'un doctorat qui travailleront en S-T dans l'avenir. La même tendance a été observée par le Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation (CSTI) (2011), ainsi qu'un taux de chômage comparativement élevé chez les titulaires d'un doctorat, ce qui peut décourager d'entreprendre de telles études. L'immigration de chercheurs est une autre manière d'accroître les capacités du pays en S-T. Le Canada semble attirer approximativement autant de chercheurs, d'une force équivalente pour ce qui est de l'impact de leurs recherches, qu'il en perd (mais ces données ne tiennent pas compte d'initiatives récentes telles que les chaires d'excellence en recherche du Canada).

Des infrastructures de classe mondiale sont essentielles, tant pour mener des activités de S-T que pour attirer les meilleurs collaborateurs. Selon les données recueillies par le comité d'experts, le Canada réussit bien à ce chapitre, de l'avis des chercheurs les plus cités au monde. Plusieurs programmes d'infrastructure sont perçus par les experts canadiens de la S-T comme un net avantage pour la S-T canadienne. Ce sont entre autres le Programme de chaires de recherche du Canada, les universités et les hôpitaux de recherche du Canada, la Fondation canadienne pour l'innovation et les trois conseils de recherche subventionnaires.

D'une manière générale, le Canada possède de bonnes capacités en S-T. Ses infrastructures et ses programmes de soutien d'une recherche fondée sur la découverte constituent des atouts particulièrement précieux. Par contre, le pays tire de l'arrière par rapport à certains autres pays en ce qui concerne le nombre de chercheurs et la formation de la prochaine génération de chercheurs.

9

Les atouts régionaux en S-T

- Investissements en R-D par province
- Volume et impact de la recherche par province
- Collaboration entre les provinces et territoires
- Réputation des provinces canadiennes en S-T
- Résultats technométriques par province
- Diplômés de niveau postsecondaire par province
- Comparaison avec le rapport de 2006
- Conclusions

9 Les atouts régionaux en S-T

Principales constatations

- L'analyse bibliométrique révèle que, parmi les provinces et territoires canadiens, l'Ontario et le Québec produisent le plus grand nombre d'articles de recherche, et que la Colombie-Britannique vient en tête pour les mesures d'impact fondées sur les citations.
- Selon les chercheurs canadiens, l'Ontario, le Québec, l'Alberta et la Colombie-Britannique sont les provinces canadiennes les plus fortes en recherche.
- L'Ontario est la principale plaque tournante du réseau canadien de collaboration, mais les petites provinces et les territoires ont les taux de collaboration les plus élevés.
- L'Ontario vient en tête des provinces pour la propriété intellectuelle totale, mais le Québec est la seule province ayant un flux positif de propriété intellectuelle.
- Le Québec, l'Ontario, l'Alberta et la Colombie-Britannique ont eu le plus grand nombre de nouveaux titulaires d'un doctorat par milliers d'habitants en 2009.

Dans le cadre de son mandat, le comité devait évaluer comment les atouts du Canada en S-T sont répartis géographiquement dans le pays. Ils ont choisi les provinces et territoires comme les subdivisions géographiques du Canada les plus significatives, même s'il est difficile de faire des comparaisons entre des entités aussi différentes par leur population (voir le tableau 9.1) et leur économie.

Tableau 9.1

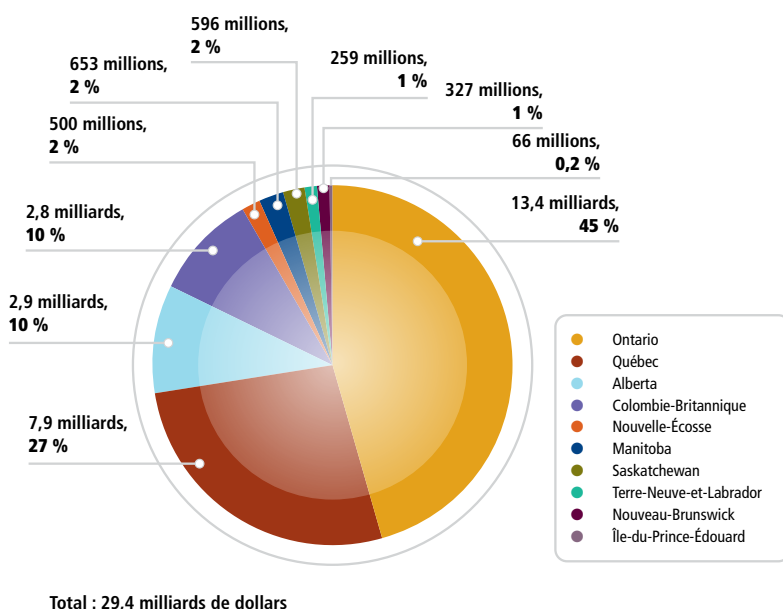
Population des provinces et territoires du Canada (recensement de 2011)

Province ou territoire	Population	Pourcentage de la population totale
Ontario	12 851 821	38,4
Québec	7 903 001	23,6
Colombie-Britannique	4 400 057	13,1
Alberta	3 645 257	10,9
Manitoba	1 208 268	3,6
Saskatchewan	1 033 381	3,1
Nouvelle-Écosse	921 727	2,8
Nouveau-Brunswick	751 171	2,2
Terre-Neuve-et-Labrador	514 536	1,5
Île-du-Prince-Édouard	140 204	0,4
Territoires-du-Nord-Ouest	41 462	0,1
Yukon	33 897	0,1
Nunavut	31 906	0,1
Canada	33 476 688	100,0

Source des données : Statistique Canada, 2012c

9.1 INVESTISSEMENTS EN R-D PAR PROVINCE

Comme on l'a vu au chapitre 3, les investissements en R-D fournissent un contexte valable, même s'ils ne constituent pas une mesure directe de la force des activités de recherche. La figure 9.1 montre la répartition par province des dépenses totales du Canada en R-D en 2009. Cela comprend les dépenses des gouvernements fédéral et provinciaux, des entreprises et d'autres sources. Les quatre provinces les plus peuplées (l'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta — voir le tableau 9.1) sont aussi celles qui dépensent le plus en R-D. L'Ontario compte à lui seul pour près de la moitié des dépenses en R-D au Canada. De plus, l'Ontario et le Québec totalisent près des trois-quarts de toutes les dépenses. La part de l'Alberta et de la Colombie-Britannique est d'environ 10 % chacune, et les autres provinces se partagent les 8 % restants. La part des territoires est inférieure à 1 % et n'est pas illustrée dans la figure.

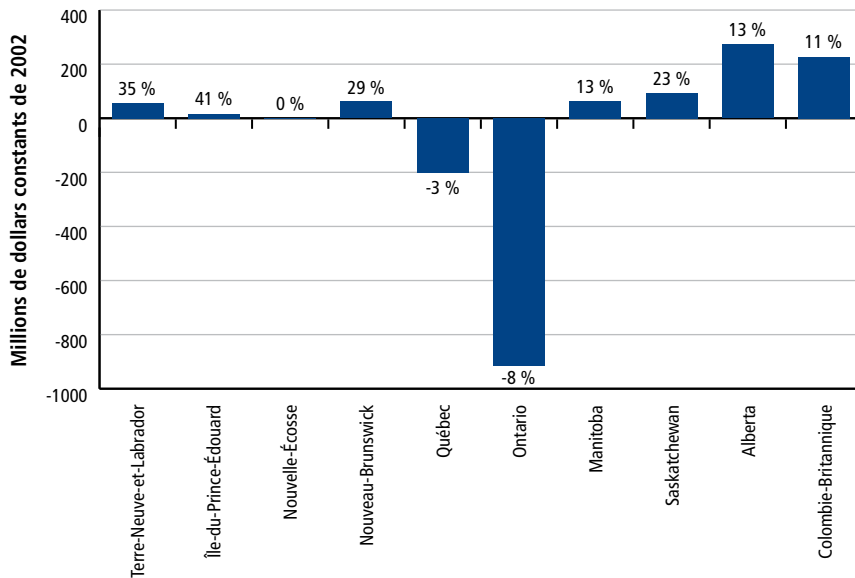


Source des données : Statistique Canada, 2012a

Figure 9.1

Répartition provinciale des dépenses intérieures brutes (en dollars courants) en recherche et développement, en 2009

Au chapitre 3, on a rapporté une baisse des dépenses canadiennes en R-D au cours des six dernières années, mais cette baisse ne s'est pas répartie également dans le pays. Les dépenses en R-D ont diminué en Ontario et au Québec, mais elles ont augmenté à Terre-Neuve-et-Labrador, à l'Île-du-Prince-Édouard, au Nouveau-Brunswick, en Alberta, en Colombie-Britannique et en Saskatchewan (voir la figure 9.2).



Source des données : Tableau 358-0001 de la base de données CANSIM de Statistique Canada

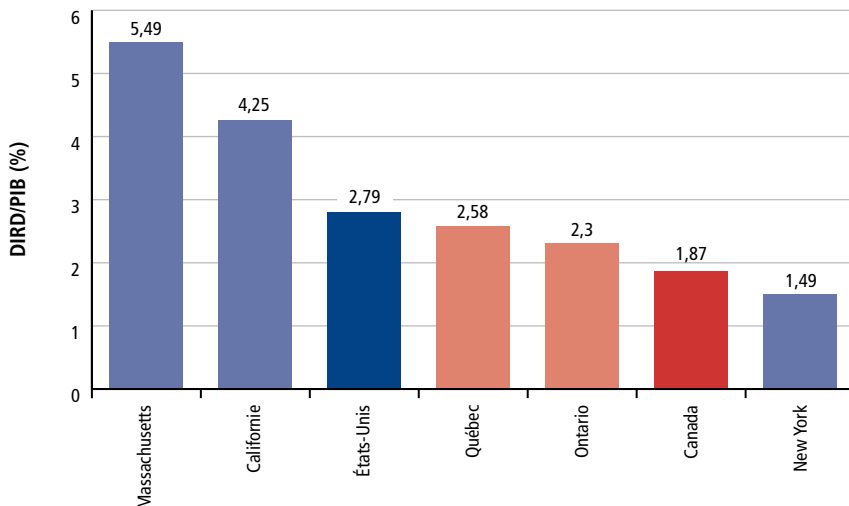
Figure 9.2

Évolution des dépenses brutes des provinces (en dollars constants de 2002) en recherche et développement (R-D), de 2004 à 2009

Les barres du graphique illustrent l'évolution des dépenses de 2004 à 2009 en dollars constants de 2002. Cependant, à causes des grandes différences entre les dépenses des diverses provinces en 2004, les sommes en cause correspondent à des pourcentages très différents d'augmentation ou de diminution d'une province à l'autre. À titre d'exemple, l'Ontario a connu une diminution de près d'un milliard de dollars, ce qui représente une baisse de 8 %. Par contre, l'augmentation de 100 millions de dollars en Saskatchewan correspond à une hausse de 23 %. Les pourcentages d'augmentation et de diminution sont indiqués vis-à-vis chaque barre.

Malgré ces changements, l'Ontario et le Québec maintiennent les proportions les plus élevées parmi les provinces canadiennes des dépenses intérieures brutes de la R-D (DIRD) par rapport au PIB (voir le tableau 9.2), avec des ratios supérieurs à la moyenne de l'OCDE. Par contre, si on les compare avec d'autres territoires

comme des États américains renommés pour leur S-T — p. ex. le Massachusetts et la Californie —, ces ratios apparaissent beaucoup plus modestes (voir la figure 9.3). Une grande partie de cette différence s'explique probablement par les fortes dépenses des entreprises en S-T dans ces États (p. ex. la « Silicon Valley » en Californie).



Remarque : L'année 2008 est la plus récente pour laquelle les données des États-Unis sont disponibles. On a retenu les données canadiennes de 2008 pour des fins de comparaison.
Source des données : Statistique Canada, 2012a; NSB, 2012

Figure 9.3

Dépenses intérieures brutes en R-D (DIRD) en pourcentage du PIB de certains territoires, en 2008

Les entreprises comptent pour environ la moitié de toutes les dépenses en R-D au Québec, en Colombie-Britannique, en Ontario et en Alberta. Le rapport DIRDE/DIRD est relativement élevé par rapport à celui des six autres provinces, où il est très inférieur à 50 %. Comme on l'a mentionné au chapitre 3, un rapport DIRDE/DIRD inférieur à 50 % est souvent associé à une économie petite ou en développement (voir le tableau 9.2).

Tableau 9.2
Répartition provinciale des dépenses intérieures brutes en recherche et développement, par secteur, en 2009

	Canada	Ont.	Qc	Alb.	C.-B.	Man.	Sask.	N.-É.	N.-B.	T.-N.-L.	Î.-P.-É.
	Millions de dollars										
Tous les secteurs (DIRD)	29 430	13 386	7 855	2 851	2 798	653	596	500	327	259	66
Gouvernement fédéral	2 762	1 811	396	108	115	112	72	67	37	25	15
Gouvernements provinciaux	420	51	99	138	25	8	84	0	13	0	0
Entreprises (DIRDE)	15 110	6 971	4 581	1 420	1 502	204	129	89	119	81	9
Enseignement supérieur (DIRDES)	11 013	4 555	2 779	1 185	1 157	328	311	345	158	153	41
PIB	1 528 985	581 635	304 861	240 697	191 863	51 518	57 995	34 774	27 920	24 762	4 778
DIRD/PIB (%)	1,92	2,3	2,58	1,18	1,46	1,27	1,03	1,44	1,17	1,05	1,38
Rapport DIRDE/DIRD	0,51	0,52	0,58	0,5	0,54	0,31	0,22	0,18	0,36	0,31	0,14

Par ordre décroissant de DIRD
 Source des données : Statistique Canada, 2012a

9.2 VOLUME ET IMPACT DE LA RECHERCHE PAR PROVINCE

C'est dans les quatre provinces les plus peuplées du Canada que la recherche connaît la production et l'impact les plus importants, que ce soit en nombres absolus ou après normalisation selon le nombre de chercheurs. L'Ontario a produit le plus grand nombre d'articles de recherche (plus de 180 000) de 2005 à 2010 (voir le tableau 9.3), suivi du Québec (plus de 88 000 articles), de la Colombie-Britannique (60 000) et de l'Alberta (51 000). La Colombie-Britannique a obtenu la MCR la plus élevée. Par rapport au nombre de chercheurs, la Colombie-Britannique et l'Alberta ont publié le plus d'articles, suivies de l'Ontario et du Québec.

Tableau 9.3

Nombre de chercheurs universitaires, nombre d'articles publiés et moyenne des citations relatives (MCR), par province et territoire du Canada, de 2005 à 2010

Province ou territoire	Moyenne des citations relatives	Nombre de chercheurs universitaires (2008)	Nombre d'articles	Nombre de publications par chercheur universitaire
Colombie-Britannique	1,50	4 566	60 105	13,2
Ontario	1,37	15 960	182 180	11,4
Québec	1,28	9 450	88 651	9,4
Alberta	1,24	4 194	51 752	12,3
Manitoba	1,23	1 698	13 367	7,9
Nouvelle-Écosse	1,17	2 151	15 361	7,1
Terre-Neuve-et-Labrador	1,15	912	5 324	5,8
Saskatchewan	1,13	1 599	13 969	8,7
Territoires-du-Nord-Ouest	1,12	S.o.	220	S.o.
Nouveau-Brunswick	1,02	1 197	6 492	5,4
Île-du-Prince-Édouard	1,00	225	1 129	5,0
Nunavut	S.o.	S.o.	112	S.o.
Yukon	S.o.	S.o.	154	S.o.
Canada	1,36		395 369	9,4
Monde entier	1		9 586 347	

Remarque : La somme des nombres d'articles par province et territoire est plus élevée que le total canadien, en raison du recours à des décomptes entiers (les articles d'auteurs de plusieurs provinces sont comptés plus d'une fois)

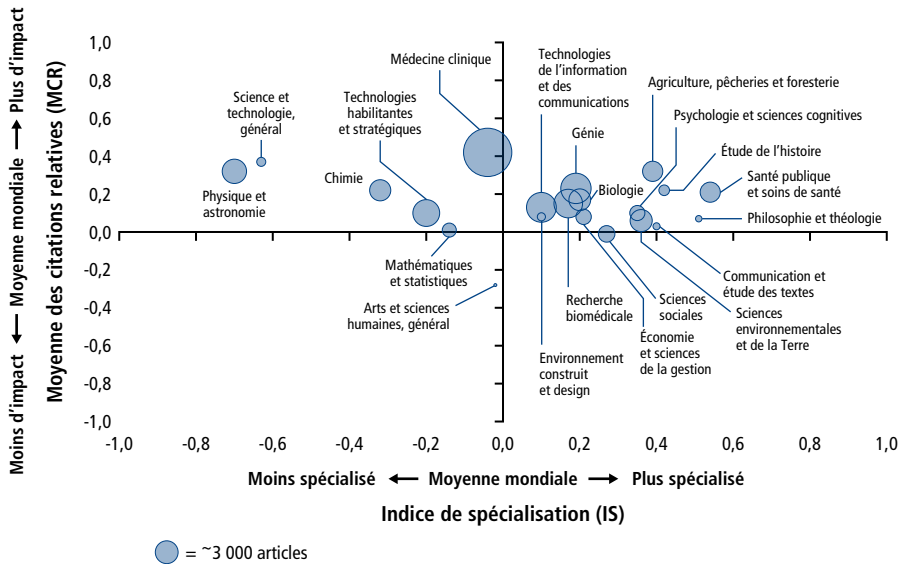
Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données *Scopus* (Elsevier); Statistique Canada, 2011d.

En plus de leurs différences dans la production de recherche, les provinces n'ont pas les mêmes points forts. Cela est résumé dans l'analyse de la position des provinces à la figure 9.4. Comme pour l'analyse de la position du Canada représentée au chapitre 4, ces figures comportent quatre quadrants. Le quadrant supérieur droit contient les domaines où l'impact (fréquence de citations par rapport à la moyenne mondiale) et le volume de la recherche (nombre d'articles par rapport à ce que donnerait la moyenne mondiale) sont élevés. Le quadrant supérieur gauche contient les domaines où la recherche a un impact relativement élevé, mais avec une production relativement faible. Le quadrant inférieur gauche indique un impact et une production faibles, et le quadrant inférieur droit un volume de recherche relativement élevé, mais un impact relativement faible.

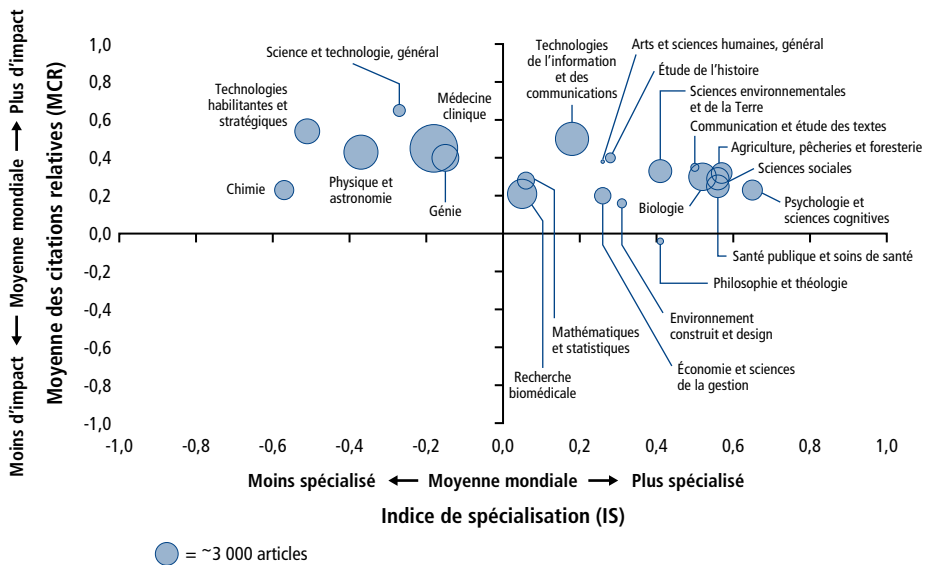
Comme on l'a noté au chapitre 4 (voir la figure 4.6), presque tous les domaines de recherche au Canada se situent dans les quadrants supérieurs droit et gauche. Il n'est donc pas surprenant que ce soit la même chose pour les quatre provinces (l'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta) qui totalisent 97 % de la production de recherche du Canada. Ces deux quadrants témoignent d'un impact de la recherche (MCR) supérieur à la moyenne mondiale. De la même manière, pour plusieurs des grands domaines de recherche (p. ex. physique et astronomie; médecine clinique; génie; agriculture, pêcheries et foresterie), leur répartition entre les quadrants supérieurs droit et gauche est relativement constante dans les quatre provinces, ce qui correspond là encore à la position du Canada dans son ensemble (voir la figure 4.6).

Ces constatations montrent que, d'une manière générale, les points forts du Canada en recherche à l'échelle des domaines sont répartis dans les quatre provinces à plus forte intensité de recherche. Par contre, il y a probablement d'importantes différences entre ces provinces à l'échelle des sous-domaines. Il n'a toutefois pas été possible d'établir ces différences avec certitude, à cause du petit nombre d'articles par province dans beaucoup des 176 sous-domaines.

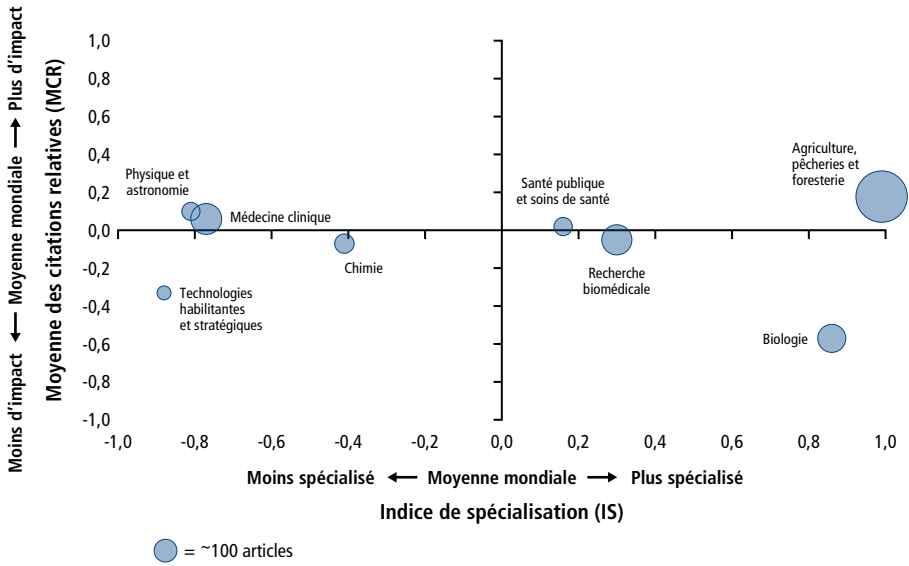
Étant donné ces considérations, l'analyse de la position des provinces par domaine de recherche est peut-être plus instructive pour les provinces qui ont moins d'activités de recherche et où les atouts spécifiques sont moins nombreux et plus faciles à distinguer des moyennes générales canadiennes. Mentionnons pas exemple : l'agriculture, les pêcheries et la foresterie à l'Île-du-Prince-Édouard et au Manitoba; l'étude de l'histoire au Nouveau-Brunswick; les sciences environnementales et de la Terre à Terre-Neuve-et-Labrador et en Nouvelle-Écosse; la biologie en Saskatchewan.



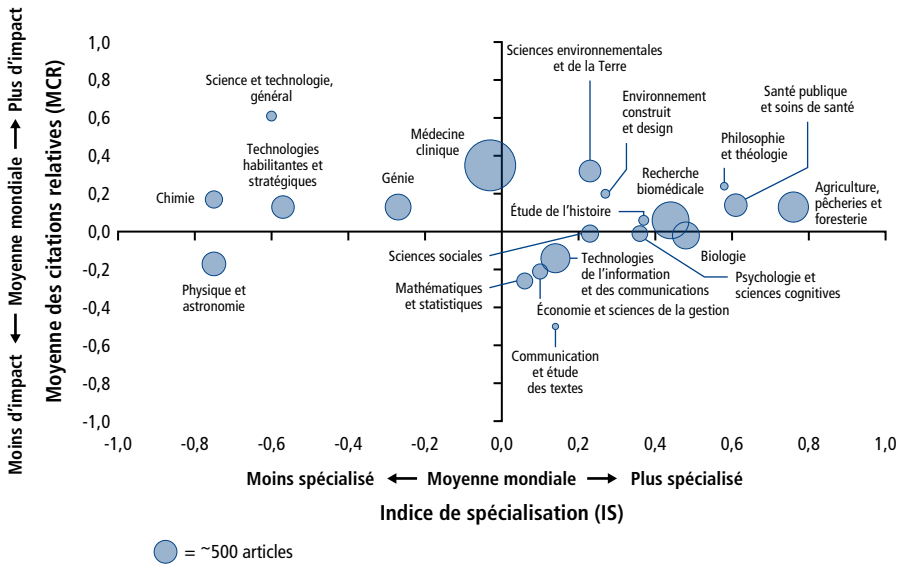
Alberta



Colombie-Britannique

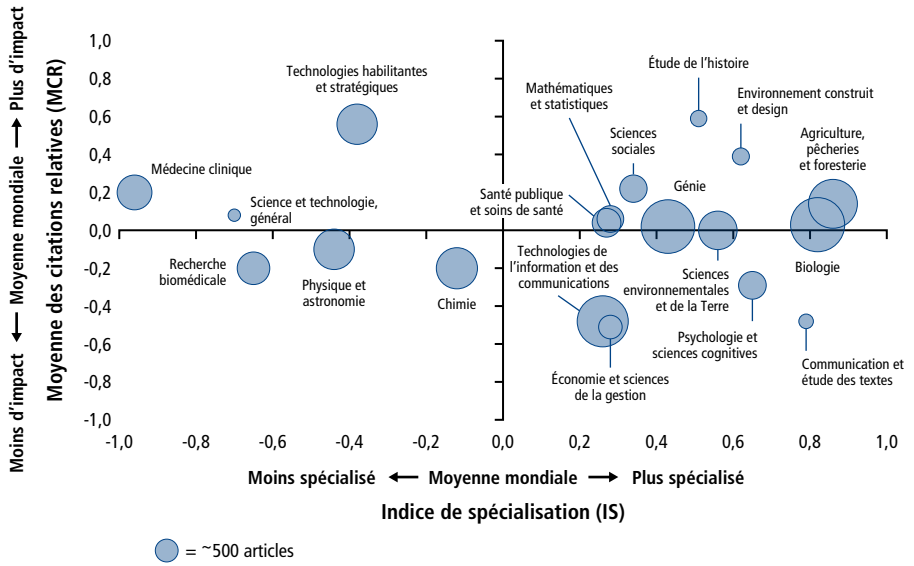


Île-du-Prince-Édouard

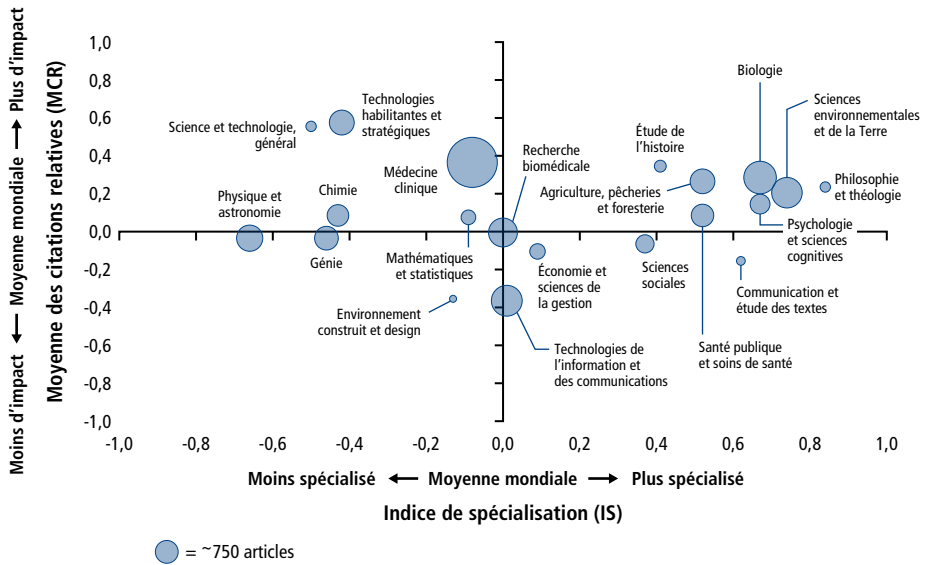


Manitoba

suite à la page suivante

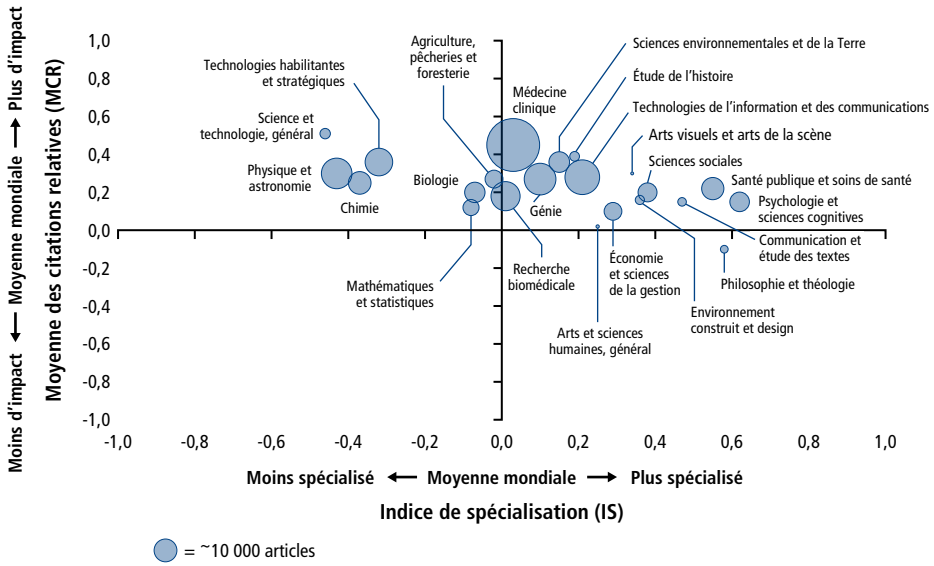


Nouveau-Brunswick

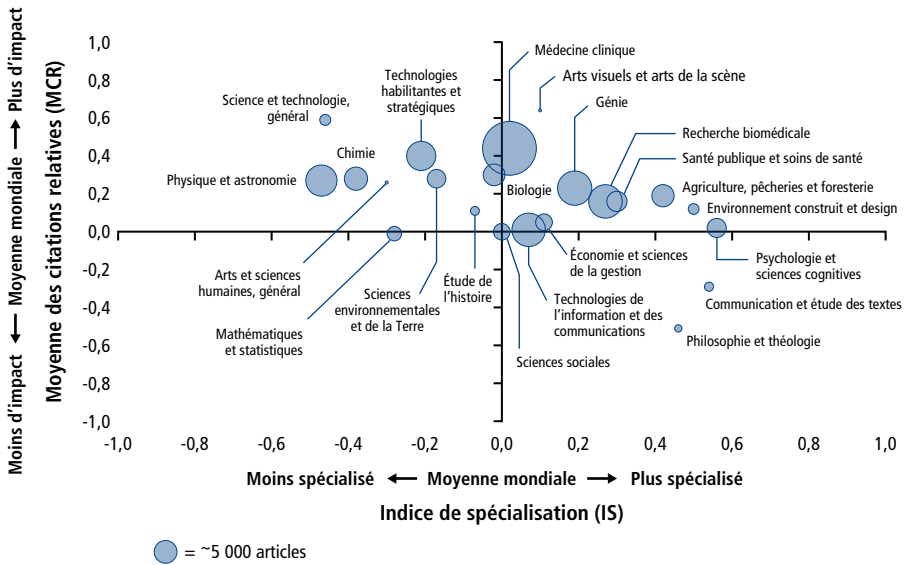


Nouvelle-Écosse

suite à la page suivante

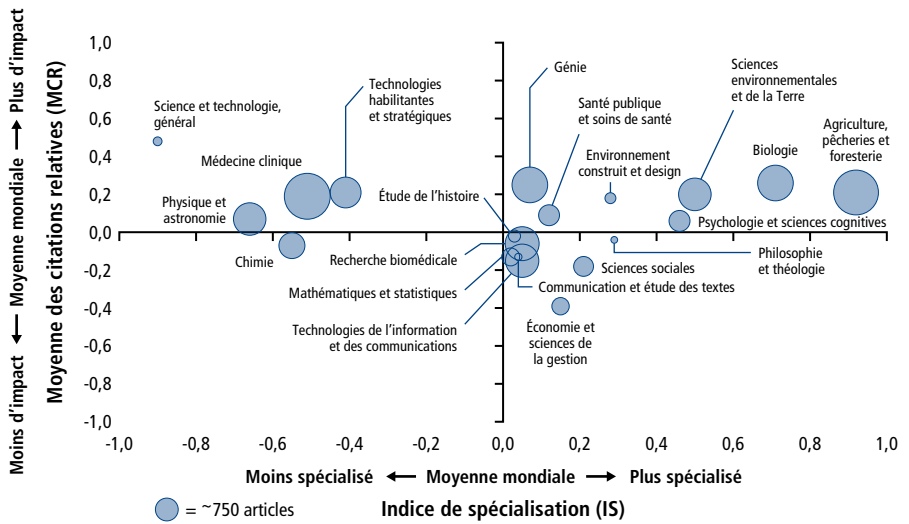


Ontario

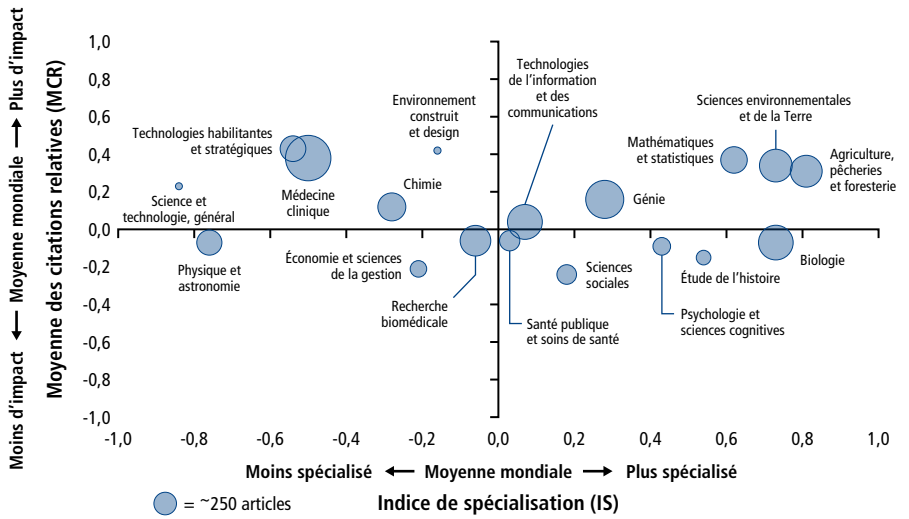


Québec

suite à la page suivante



Saskatchewan



Terre-Neuve-et-Labrador

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données Scopus (Elsevier)

Figure 9.4

Analyse de la position des provinces dans 22 domaines de recherche, de 1997 à 2010

Dans chaque graphique, la taille de chaque cercle est proportionnelle au nombre de publications analysées pour chaque domaine. Une valeur positive selon l'axe vertical (MCR) indique un impact qui est en moyenne plus élevé que la moyenne mondiale dans le domaine en question. L'axe horizontal (IS) indique si la province en question publie davantage ou moins d'articles dans un domaine que ce que donnerait la moyenne mondiale. Afin d'améliorer la lisibilité des figures et de permettre une représentation symétrique des données, on a utilisé la tangente hyperbolique du logarithme naturel des MCR et des IS. Sur les deux axes, la valeur zéro correspond à la moyenne mondiale. Seuls les domaines où il y a eu plus de 30 publications au cours de la période sont représentés.

9.3 COLLABORATION ENTRE LES PROVINCES ET TERRITOIRES

La collaboration entre institutions, entre provinces et entre secteurs donne à un grand nombre de chercheurs accès aux infrastructures de recherche où qu'elles soient situées. Elle peut aussi promouvoir la diffusion des résultats de la recherche (voir l'encadré *Pleins feux sur un exemple de collaboration : ArcticNet*). Au chapitre 6, on a noté à propos de la collaboration internationale que les grands pays ont moins tendance à collaborer avec l'extérieur. Il semble y avoir une tendance semblable à l'intérieur du Canada. Les provinces les plus petites et les territoires ont des taux de collaboration interprovinciale beaucoup plus élevés que les provinces qui produisent davantage de recherche. Ainsi, le Nunavut vient en tête avec un taux de collaboration de 87 % (150 collaborations interprovinciales). Près de neuf sur dix des articles du Nunavut sont écrits en collaboration avec au moins un chercheur d'un autre territoire ou province. Les Territoires-du-Nord-Ouest viennent au deuxième rang, avec un taux de collaboration de 80 % (près de 330 collaborations interprovinciales), et le Yukon est troisième, avec un taux de collaboration de 73 % (plus de 200 collaborations interprovinciales).

Pleins feux sur un exemple de collaboration : ArcticNet

Même si de nombreuses collaborations interprovinciales émergent au cas par cas, d'autres sont issues de réseaux de collaboration organisés. Au cours des 20 dernières années, le programme des Réseaux de centres d'excellence (RCE) a investi plus de 1,5 milliard de dollars³¹ dans des réseaux qui facilitent les partenariats entre secteurs, entre disciplines scientifiques et entre entités géographiques.

ArcticNet est un RCE qui rassemble des chercheurs et des gestionnaires de plusieurs provinces et territoires. Ils travaillent dans les domaines des sciences naturelles, des sciences de la santé et des sciences sociales, afin d'étudier les effets des changements climatiques dans l'Arctique canadien. Des universités, des organismes inuits, des collectivités nordiques, des organismes fédéraux et provinciaux, des entreprises ainsi qu'une centaine d'organismes partenaires de 15 pays participent à ce réseau. Les chercheurs d'ArcticNet mènent des projets de recherche dans tout l'Arctique, y compris en mer à bord du *CCGS Amundsen*, le brise-glace de recherche du Canada, infrastructure importante financée par la Fondation canadienne pour l'innovation et par Pêches et Océans Canada.

En 2010-2011, les chercheurs d'ArcticNet ont mené des études à plus de 125 endroits de l'Arctique, dont 35 collectivités inuites. Leurs recherches portent sur un vaste spectre de sujets : compréhension des changements climatiques; sécurité alimentaire; érosion

suite à la page suivante

31 http://www.nce-rce.gc.ca/About-APropos/Index_fra.asp.

Pleins feux sur un exemple de collaboration : ArcticNet *(suite)*

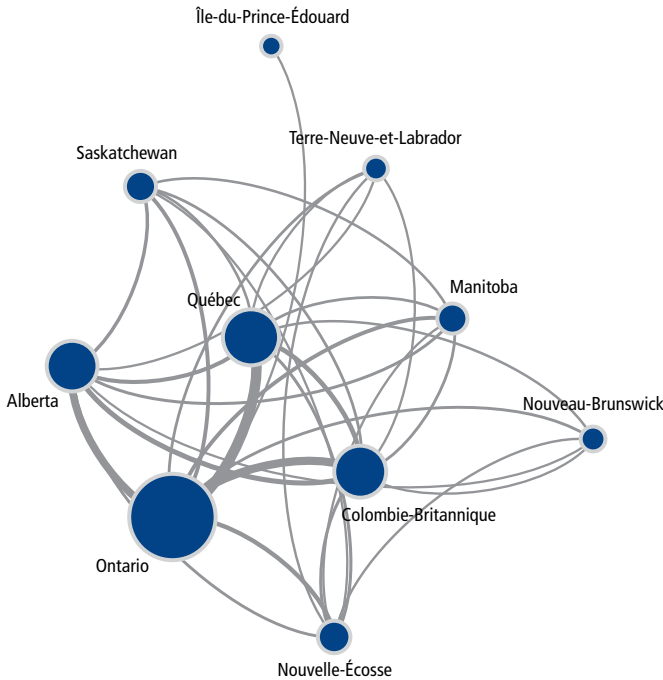
des côtes; éducation des Inuits; nouvelles maladies infectieuses. La collaboration entre chercheurs et collectivités nordiques est essentielle, et ArcticNet collabore étroitement avec Inuit Tapiriit Kanatami (ITK – organisation nationale inuite du Canada), le Conseil circumpolaire inuit (Canada), ainsi que les quatre organismes de revendication territoriale inuits, pour la mise sur pied et l'exécution de ses programmes de recherche.

L'un des principaux projets de recherche d'ArcticNet en collaboration avec l'industrie est mené avec la participation d'Imperial Oil Ressource Ventures Limited et de BP Exploration Operating Company Limited. Les chercheurs d'ArcticNet et leurs collaborateurs du secteur privé travaillent ensemble à la collecte de données environnementales, géophysiques et géologiques à bord du *CCGS Amundsen* dans des régions de la mer de Beaufort où des permis d'exploration ont été octroyés par le gouvernement du Canada. Propriété d'ArcticNet, les nouvelles données sont accessibles au public, de sorte qu'elles aident les entreprises dans leur planification opérationnelle tout en rendant service aux organismes de réglementation et au grand public.

La collaboration internationale d'ArcticNet bénéficie de deux nouvelles chaires d'excellence en recherche du Canada (CERC), l'une à l'Université Laval et l'autre à l'Université du Manitoba. À l'Université Laval, la CERC a entraîné la création de l'Unité mixte internationale Canada-France en sciences de l'Arctique, facilitant la collaboration entre le Canada et la France. À l'Université du Manitoba, la CERC a permis de mettre sur pied un nouveau partenariat en sciences de l'Arctique avec le Centre de recherche sur le climat, au Groenland, et l'Université d'Aarhus, au Danemark. Les membres de ce partenariat échangeront des données, embaucheront conjointement des scientifiques et favoriseront la libre circulation d'étudiants entre le Danemark, le Groenland et le Canada (ArcticNet, 2011).

Par contre, le Québec et l'Ontario ont les taux de collaboration les plus faibles, respectivement 15 % et 13 %, mais le plus grand nombre absolu de collaborations interprovinciales (plus de 24 000 et 44 000 articles respectivement).

L'Ontario est la principale plaque tournante du réseau canadien de collaboration, la plupart des provinces ayant leur lien le plus important avec l'Ontario (voir la figure 9.5). L'Ontario a une connexion particulièrement forte avec le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta — les autres provinces importantes pour la production scientifique. C'est sans surprise que le principal lien du réseau est entre le Québec et l'Ontario, les deux provinces qui ont la plus grande production



Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données *Scopus* (Elsevier)

Figure 9.5

Réseau de collaboration entre provinces et territoires du Canada, de 1997 à 2010

La taille des cercles est proportionnelle au nombre de collaborations interprovinciales de chaque province. L'épaisseur des liens entre deux provinces est proportionnelle au nombre de collaborations entre ces provinces. Les territoires ne figurent pas ici parce qu'il y avait trop peu de données pour les analyser.

scientifique. Mis à part l'importance des liens, les facteurs qui sous-tendent les collaborations interprovinciales n'ont pas été étudiés au cours de cette évaluation, mais l'emplacement des infrastructures de recherche et la composition des réseaux nationaux de S-T sont probablement plus pertinents que la proximité géographique.

9.4 RÉPUTATION DES PROVINCES CANADIENNES EN S-T

Dans l'enquête auprès d'experts canadiens de la S-T (voir le paragraphe 2.2.3), on demandait aux répondants d'énumérer les trois premières provinces dans chacun des 176 sous-domaines. En général, les répondants ont nommé l'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta parmi les provinces ayant des atouts particuliers, mais avec des variations selon les sous-domaines. Ce résultat est en accord avec les données bibliométriques, où les quatre mêmes provinces ont la production de recherche la plus importante, ainsi qu'avec les niveaux d'investissement observés.

9.5 RÉSULTATS TECHNOMÉTRIQUES PAR PROVINCE

Même s'il n'y a pas beaucoup d'information disponible sur le développement technologique à l'échelle des provinces, les données sur les brevets fournissent certains renseignements sur les points forts en recherche appliquée. Le tableau 9.4 donne des indicateurs technométriques par province. L'Ontario vient en tête à ce chapitre, avec plus de la moitié des brevets canadiens de 2005 à 2010. L'Ontario vient également en tête pour les citations de brevets et a été la seule province à voir augmenter le nombre de ses brevets de 2005 à 2010 par rapport à la période 1999-2004. Par contre, le Québec est la seule province à avoir un flux positif de propriété intellectuelle, avec un rendement particulièrement élevé en TIC. La province accumule donc davantage de brevets qu'elle n'en produit.

Tableau 9.4

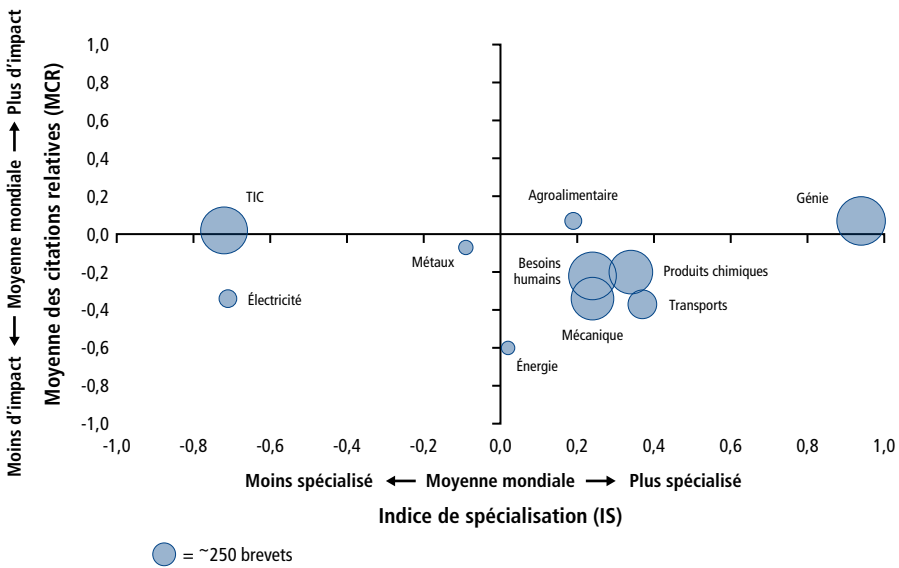
Indicateurs technométriques pour les provinces et territoires canadiens

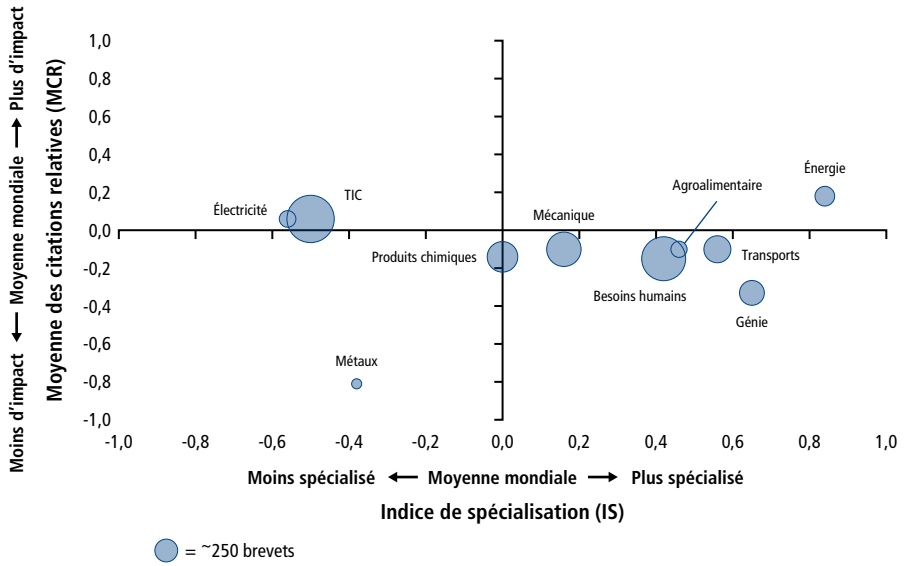
Province ou territoire	2005–2010			1999–2004			Flux de PI
	PI (décomptes entiers)	PI (décomptes fractionnaires)	MRC	PI (décomptes entiers)	PI (décomptes fractionnaires)	MCR	
Ontario	8 042	7 891	1,08	7 805	7 555	0,96	-0,29
Québec	4 489	4 433	0,98	5 527	5 405	1,08	-0,21
Colombie-Britannique	1 733	1 696	0,94	2 031	1 967	0,92	-0,33
Alberta	1 465	1 434	0,92	1 630	1 573	0,86	-0,20
Nouveau-Brunswick	86	84	0,83	103	95	0,73	-0,34
Saskatchewan	221	218	0,81	359	346	0,71	-0,39
Nouvelle-Écosse	123	118	0,61	130	122	0,71	-0,24
Manitoba	309	303	0,52	374	351	0,72	-0,10
Terre-Neuve-et-Labrador	27	26	–	39	36	0,92	-0,23
Île-du-Prince-Édouard	9	9	–	13	12	–	–
Yukon	6	6	–	9	9	–	–
Territoires-du-Nord-Ouest	–	–	–	4	4	–	–

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de données du Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis (USPTO)

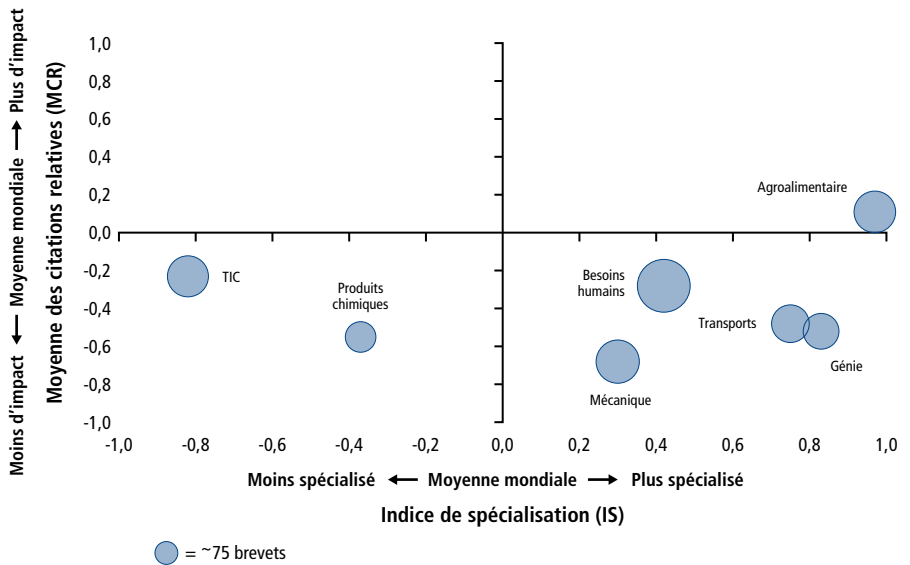
Le rendement des provinces canadiennes en développement technologique a été déterminé à l'aide d'une analyse de leur position dans les 10 domaines technométriques énumérés au chapitre 7 (voir la figure 9.6). Comme dans les figures semblables précédentes, le quadrant supérieur droit contient les catégories de brevets où la province possède un grand nombre de brevets (par rapport à la moyenne mondiale) et où ces brevets ont été souvent cités. Ces catégories sont des points forts de la province sur le plan technologique. Le quadrant supérieur gauche contient les catégories où les brevets ont été souvent cités (et ont donc un fort impact), mais où la province détient moins de brevets que ce que donnerait la moyenne mondiale. On peut interpréter ce quadrant comme indiquant des domaines de fort potentiel. Le quadrant inférieur gauche contient les catégories où la province a un faible impact et une faible production de brevets. Le quadrant inférieur droit contient celles où la province détient un nombre relativement élevé de brevets, mais où ceux-ci font l'objet de moins de citations que la moyenne mondiale. La taille des cercles correspond au nombre total de brevets de la province dans chaque domaine.

Cette analyse révèle des résultats provinciaux particulièrement éloquentes dans plusieurs catégories de brevets : l'agroalimentaire en Alberta, au Manitoba et en Saskatchewan; le génie en Alberta; l'énergie en Colombie-Britannique; les TIC au Québec; les métaux en Ontario.



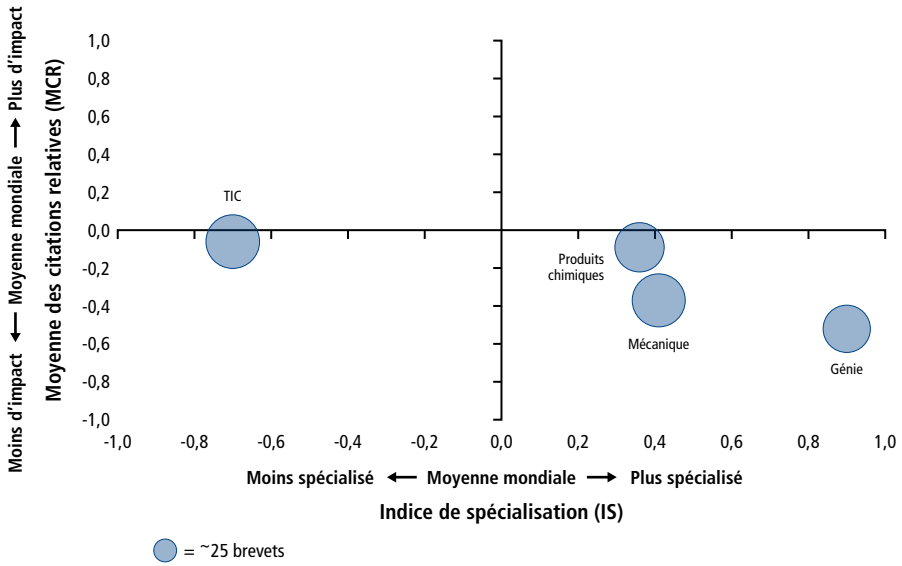


Colombie-Britannique

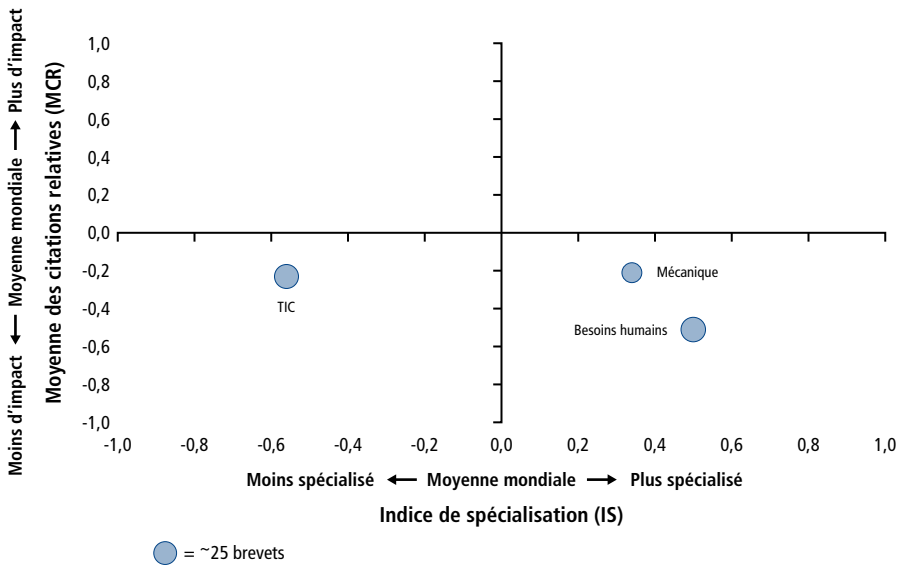


Manitoba

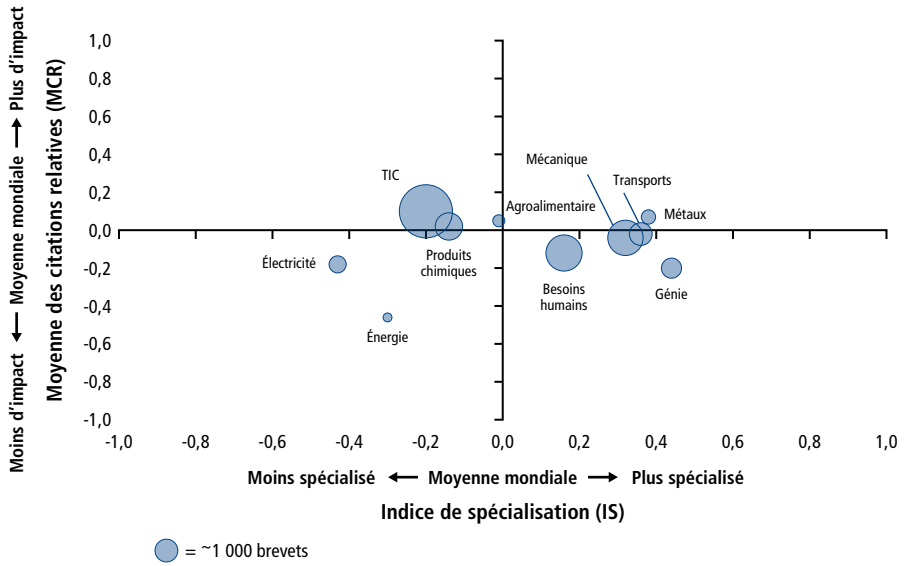
suite à la page suivante



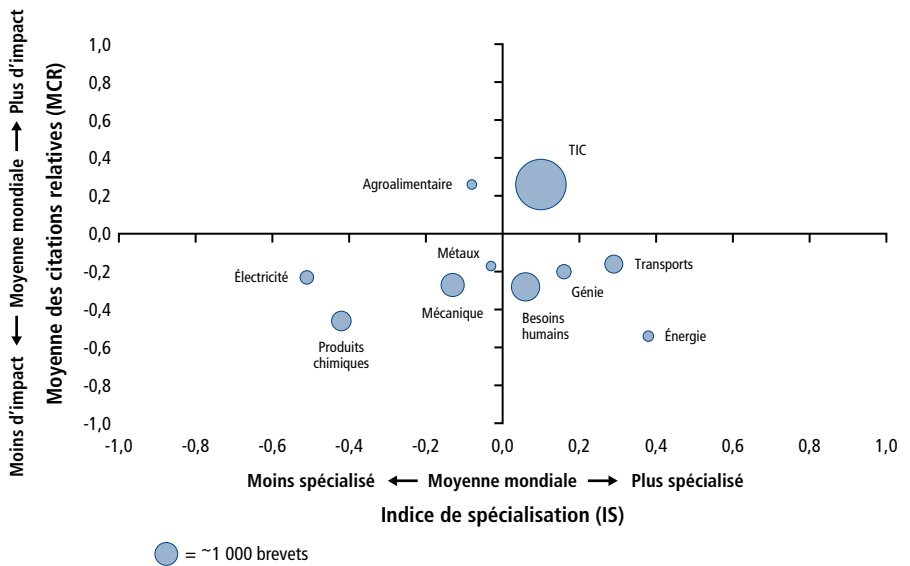
Nouveau-Brunswick



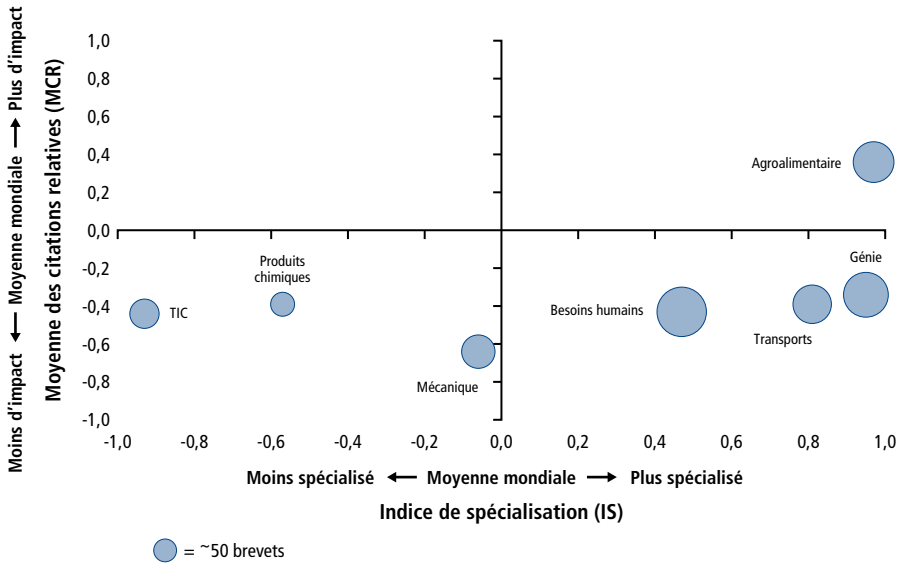
Nouvelle-Écosse



Ontario



Québec



Saskatchewan

Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de données du Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis (USPTO)

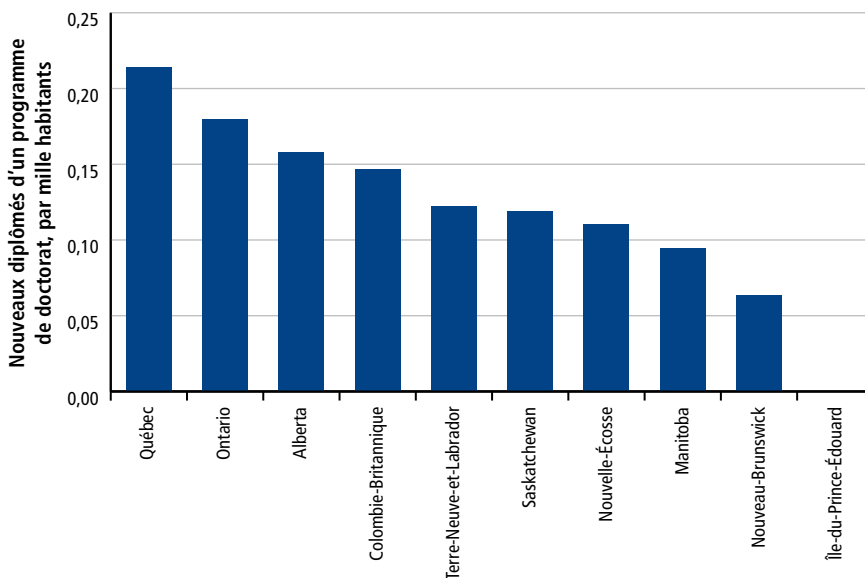
Figure 9.6
Analyse de la position de provinces canadiennes dans 10 domaines de la classification des brevets, de 1997 à 2010

La taille des cercles n'a pas la même échelle dans les différents graphiques. Cette échelle est indiquée dans le coin inférieur gauche de chaque graphique. Dans chaque graphique, la taille de chaque cercle est proportionnelle au nombre de brevets analysés pour chaque domaine. Une valeur positive selon l'axe vertical (MCR) indique un impact qui est en moyenne plus élevé que la moyenne mondiale dans le domaine en question. L'axe horizontal (IS) indique s'il y a dans la province en question davantage ou moins de brevets dans un domaine que ce que donnerait la moyenne mondiale. Afin d'améliorer la lisibilité des figures et de permettre une représentation symétrique des données, on a utilisé la tangente hyperbolique du logarithme naturel des MCR et des IS. Sur les deux axes, la valeur zéro correspond à la moyenne mondiale. Terre-Neuve-et-Labrador et l'Île-du-Prince-Édouard n'avaient pas un nombre suffisant de brevets pour que l'on puisse produire les graphiques.

9.6 DIPLÔMÉS DE NIVEAU POSTSECONDAIRE PAR PROVINCE

Une main-d'œuvre hautement compétente et éduquée est un déterminant majeur des capacités en S-T. Un indicateur disponible à l'échelle de chaque province est le nombre de nouveaux titulaires d'un doctorat. Comme on l'a vu pour d'autres mesures, l'Ontario, le Québec, l'Alberta et la Colombie-Britannique ont le plus grand nombre de diplômés et ont totalisé plus de 90 % de tous les nouveaux titulaires

d'un doctorat au Canada en 2009 (Statistique Canada, 2011d). Cependant, étant donné la taille différente des provinces, une mesure relative à la population est plus significative (voir la figure 9.7). Mais même par habitant, les quatre mêmes provinces ont le plus grand nombre de diplômés au niveau du doctorat, ce qui correspond probablement au plus grand nombre d'universités à haute intensité de recherche dans ces provinces.



Remarque : Les données n'ont fait état d'aucun nouveau diplômé d'un programme de doctorat pour l'île-du-Prince-Édouard en 2009.

Source des données : Statistique Canada, 2011d; tableau 051-0001 de la base de données CANSIM de Statistique Canada

Figure 9.7

Nouveaux diplômés d'un programme de doctorat, par mille habitants, en 2009

9.7 COMPARAISON AVEC LE RAPPORT DE 2006

Le rapport de 2006 ne contenait aucune analyse régionale.

9.8 CONCLUSIONS

L'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta sont clairement les moteurs de la S-T canadienne, selon tous les indicateurs étudiés par le comité d'experts. Ces quatre provinces ont totalisé 97 % de la production bibliométrique, dont la moitié pour l'Ontario seul. Les points de vue des experts canadiens de la S-T sur la force des provinces correspondent aux données bibliométriques : l'Ontario,

le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta sont le plus souvent citées comme des provinces fortes en S-T, l'Ontario venant en tête dans presque tous les sous-domaines. Les quatre mêmes provinces ont également le plus grand nombre de nouveaux titulaires d'un doctorat par habitant. Le comité n'a pas été en mesure d'analyser systématiquement les tendances à l'échelle provinciale, mais il n'a rien vu dans les données indiquant que la position dominante de ces provinces dans la S-T canadienne est en train de changer. L'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta se distinguent par une production de recherche de classe mondiale dans un certain nombre de domaines, alors que les autres provinces excellent dans un plus petit nombre de domaines, et la spécialisation semble être la clé. Les niveaux de dépenses, qui correspondent aux résultats mesurés, contribuent probablement aux différences observées entre les provinces.

Certains domaines de recherche, particulièrement en médecine clinique, sont des points forts dans plusieurs provinces canadiennes. D'autre part, les données présentées dans ce chapitre mettent en lumière des atouts provinciaux qui ne ressortent pas des analyses consolidées à l'échelle nationale. C'est le cas par exemple de la spécialisation du Manitoba et de l'Île-du-Prince-Édouard dans les domaines de l'agriculture, des pêcheries et de la foresterie, et de la Saskatchewan en biologie. Cette diversité d'une province à l'autre correspond souvent aux forces économiques de chacune et contribue à la formation de grappes locales et régionales d'innovation.

10

Synthèse des résultats

- Agriculture, pêcheries et foresterie
- Arts visuels et arts de la scène
- Biologie
- Chimie
- Communication et étude des textes
- Économie et sciences de la gestion
- Environnement construit et design
- Étude de l'histoire
- Génie
- Mathématiques et statistiques
- Médecine clinique
- Philosophie et théologie
- Physique et astronomie
- Psychologie et sciences cognitives
- Recherche biomédicale
- Santé publique et soins de santé
- Sciences environnementales et de la Terre
- Sciences sociales
- Technologies de l'information et des communications (TIC)
- Technologies habilitantes et stratégiques

10 Synthèse des résultats

Pour répondre aux questions posées par le commanditaire (voir le chapitre 1), les chapitres 4 à 9 présentent des données sur l'ampleur, la qualité et l'évolution

Tableau 10.1

Principaux indicateurs de S-T pour tous les domaines

Domaine	AMPLEUR ET INTENSITÉ			QUALITÉ ET IMPACT		
	Nombre d'articles, de 2005 à 2010	Part des publications du monde (%), de 2005 à 2010	IS, de 2005 à 2010	MCR, de 2005 à 2010	Rang selon les MCR, de 2005 à 2010	Part du 1 % supérieur des articles les plus cités (%)
Agriculture, pêcheries et foresterie	15 880	5,33	1,38	1,25	8	7,90
Arts visuels et arts de la scène	286	3,71	1,37	2,09	2	4,55
Biologie	18 227	5,23	1,18	1,34	7	5,45
Chimie	17 653	2,56	0,63	1,27	7	2,62
Communication et étude des textes	2 686	5,16	1,73	1,04	9	1,87
Économie et sciences de la gestion	10 161	4,80	1,21	1,11	7	3,96
Environnement construit et design	3 152	4,94	1,36	1,17	14	4,81
Étude de l'histoire	3 512	4,76	1,26	1,28	5	3,74
Génie	34 927	3,92	1,01	1,37	6	4,44
Mathématiques et statistiques	8 951	4,18	0,91	1,11	9	3,29
Médecine clinique	88 354	4,09	0,98	1,59	3	6,15
Philosophie et théologie	2 024	5,90	1,94	0,93	8	3,31
Physique et astronomie	30 890	3,03	0,60	1,42	3	2,57
Psychologie et sciences cognitives	12 319	7,64	1,96	1,13	5	5,39
Recherche biomédicale	31 326	4,96	1,12	1,18	9	4,22
Santé publique et soins de santé	15 298	6,88	1,82	1,24	7	8,00
Sciences environnementales et de la Terre	15 788	5,79	1,23	1,29	9	4,53
Sciences sociales	12 355	4,69	1,44	1,10	8	4,05
Technologies de l'information et des communications	40 529	4,35	1,12	1,30	6	4,27
Technologies habilitantes et stratégiques	26 896	2,96	0,75	1,36	8	3,77

de la S-T canadienne. Ces données font ressortir une vision intégrée de l'état actuel de la S-T canadienne dans chaque domaine. Ce chapitre-ci donne un résumé de ces constatations domaine par domaine (par ordre alphabétique). Les tableaux 10.1 et 10.2 contiennent les principales données sur l'ampleur, la qualité et l'évolution de la S-T canadienne, le premier par domaine, et le second par sous-domaine.

	QUALITÉ ET IMPACT			ÉVOLUTION				
	Rang du Canada dans l'enquête auprès des chercheurs les plus cités	Part des répondants à l'enquête internationale qui placent le Canada parmi les 5 premiers (%)	Part des répondants à l'enquête canadienne qui qualifient la recherche de « Supérieure » (%)	Évolution de la part des publications du monde (%)	Évolution de la MCR	Évolution de l'IS	« Gagne du terrain » (%)	« Prend du retard » (%)
	2	57	78	-0,98	0,00	-0,31	7	19
	4	55	68	1,04	0,66	0,27	22	6
	5	37	57	-0,08	0,16	-0,11	5	16
	7	20	53	-0,04	0,04	-0,03	6	29
	4	58	55	0,09	0,13	-0,03	21	14
	3	63	66	-0,23	0,05	-0,12	14	6
	5	29	50	-0,81	0,09	-0,26	10	7
	5	35	53	0,21	-0,13	0,04	9	15
	7	27	70	-0,47	0,16	-0,16	8	17
	5	27	76	0,07	0,02	-0,01	24	15
	4	43	55	0,40	0,10	0,04	7	16
	3	79	65	0,73	0,05	0,20	12	6
	7	19	56	0,34	0,16	0,05	8	10
	3	69	67	0,52	0,04	0,03	15	4
	5	37	62	0,36	0,07	0,03	8	18
	3	58	65	0,78	0,07	0,18	26	10
	4	41	71	0,16	-0,02	-0,07	10	26
	3	54	60	0,18	-0,05	0,05	12	11
	4	42	64	-0,71	0,13	-0,20	5	12
	8	17	62	0,31	-0,05	0,06	13	21

Remarques : IS = Indice de spécialisation; MCR = Moyenne des citations relatives; Rang selon les MCR = Rang du Canada selon les MCR de 2005 à 2010 (voir la définition complète de ces indicateurs au chapitre 4). Les autres données sont tirées de l'enquête internationale auprès des chercheurs les plus cités et de l'enquête auprès d'experts canadiens de la S-T (voir le chapitre 5). Les données d'évolution fournissent une comparaison de la période 2005-2010 par rapport à 1999-2004, sauf dans le cas des colonnes « Gagne du terrain » et « Prend du retard », qui concernent les cinq dernières années.

Comme on l'a exposé au chapitre 2, les domaines utilisés dans tout ce rapport sont définis dans le meilleur système de classification bibliométrique que le comité d'experts avait à sa disposition. Cette approche a facilité l'évaluation des points forts du Canada à l'aide de diverses méthodes et permet de présenter ici une vue d'ensemble des constatations du comité. Les limites de ce système de classification sont également mentionnées au chapitre 2.

10.1 AGRICULTURE, PÊCHERIES ET FORESTERIE

Malgré une augmentation substantielle de la production de recherche (nombre absolu d'articles) dans le domaine de l'agriculture, des pêcheries et de la foresterie de 2005 à 2010 par rapport aux cinq années précédentes, la part canadienne des articles publiés dans le monde et son indice de spécialisation (IS) ont diminué au cours de la même période. L'impact de ses publications, mesuré par la moyenne des citations relatives (MCR), se situe au huitième rang mondial, mais il est demeuré stable de 2005 à 2010 — alors que la MCR générale du Canada a augmenté. Malgré ces constatations bibliométriques, ce domaine demeure sous plusieurs aspects un atout du Canada : il vient au deuxième rang de tous les domaines au Canada pour sa part (7,9 %) des articles les plus cités au monde, et la MCR des brevets canadiens dans le domaine agroalimentaire est au premier rang mondial.

Le Canada est très bien considéré, à l'étranger comme par les experts canadiens, dans le domaine de l'agriculture, des pêcheries et de la foresterie. Les chercheurs les plus cités au monde placent le Canada au deuxième rang mondial, son meilleur résultat de tous les domaines, et 78 % des experts canadiens qualifient de supérieure la force du Canada dans ce domaine. Par contre, davantage d'experts canadiens de la S-T (19 %) considèrent que le Canada prend du retard, contre 7 % qui estiment qu'il gagne du terrain. La forte réputation internationale du Canada dans le domaine est reflétée par le fait que, parmi les récents diplômés au niveau du doctorat au Canada, l'agriculture, les pêcheries et la foresterie venaient au troisième rang pour la proportion d'étudiants étrangers (plus de 23 %).

Deux sous-domaines se distinguent : les pêcheries et la foresterie. La recherche canadienne sur les pêcheries a été classée première au monde par les chercheurs les plus cités³², et la production canadienne dans ce sous-domaine est élevée, avec 8,6 % des articles publiés dans le monde. La recherche canadienne en foresterie a été classée deuxième au monde par les chercheurs les plus cités, et le Canada compte plus de 10 % des articles publiés dans ce sous-domaine. Cependant, par rapport au reste du monde, la recherche canadienne dans ces deux sous-domaines a connu une diminution de sa production et de son impact de 2005 à 2010 par

32 Ce résultat est fondé sur un nombre limité de réponses.

rapport à la période 1999-2004. Le seul sous-domaine où le Canada figure parmi les trois premiers au monde pour la MCR est celui des sciences animales et laitières, avec une troisième place.

10.2 ARTS VISUELS ET ARTS DE LA SCÈNE

Le domaine des arts visuels et des arts de la scène est celui où la production bibliométrique est la plus petite au Canada, mais il est en croissance en ce qui concerne la part canadienne des articles publiés dans le monde et l'indice de spécialisation. C'est aussi le domaine où l'indice de croissance est le plus élevé au Canada, et le domaine où l'impact de la recherche canadienne mesuré par la MCR est le plus élevé. Cet impact est en croissance et le Canada a été au deuxième rang mondial de 2005 à 2010. De plus, les chercheurs canadiens en arts visuels et en arts de la scène ont un haut degré de collaboration internationale, de 83 % supérieur à ce que prédisent les modèles, là encore le résultat le plus élevé de tous les domaines.

Le Canada est bien perçu en arts visuels et arts de la scène, avec le quatrième rang mondial selon les chercheurs les plus cités. Parmi les experts canadiens de la S-T, 68 % estiment que la force du Canada en arts visuels et arts de la scène est supérieure, et 22 % croient que le Canada gagne du terrain, l'un des pourcentages les plus élevés dans les domaines étudiés.

Il n'a pas été possible de conclure sur des points forts particuliers dans les sous-domaines des arts visuels et arts de la scène, en raison du nombre relativement réduit d'articles publiés et du petit nombre de réponses reçues dans les enquêtes menées par le comité.

10.3 BIOLOGIE

La production canadienne d'articles scientifiques en biologie est demeurée assez stable de 2005 à 2010 par rapport aux cinq années précédentes (tant pour le nombre d'articles que pour l'indice de spécialisation). Au cours de la même période, l'impact de la recherche canadienne dans ce domaine, mesuré par le nombre de citations (MCR), a été élevé et en augmentation, se plaçant au septième rang mondial.

Le Canada a une bonne réputation en biologie, étant classé quatrième pays au monde par les chercheurs les plus cités. Parmi les experts canadiens de la S-T, 57 % qualifient de supérieure la force du Canada en biologie, mais seulement 5 % estiment que le pays gagne du terrain, ce qui semble être en désaccord avec d'autres constatations.

Trois sous-domaines de la biologie constituent des atouts particuliers du Canada : la biologie de l'évolution, l'ornithologie et la zoologie. La biologie de l'évolution est un sous-domaine où le volume de la recherche canadienne est important et en croissance : le Canada a publié 6,9 % des articles du monde en biologie de l'évolution de 2005 à 2010, soit une proportion plus élevée que de 1999 à 2004. Il se situe au deuxième rang mondial pour la MCR et est classé quatrième par les chercheurs les plus cités. Le Canada est également très présent en ornithologie, avec 8,8 % des articles publiés dans le monde. Il se situe au quatrième rang mondial pour la MCR et est classé premier par les chercheurs les plus cités³³. Sa production est beaucoup moindre en zoologie, avec moins de 3 % des publications du monde, mais elle a été en croissance depuis la période 1999-2004 et a un fort impact, avec le premier rang mondial pour la MCR.

10.4 CHIMIE

La chimie représente une faible part de la production canadienne en S-T (selon l'indice de spécialisation). La part du Canada dans la production mondiale est faible, mais l'impact de la recherche canadienne mesuré par la MCR a augmenté de 2005 à 2010, et le Canada se classe maintenant septième au monde. De plus, le domaine des produits chimiques compte pour 8 % des brevets canadiens, et la MCR de ces brevets se situe au deuxième rang mondial.

Le Canada a une réputation modérément bonne en chimie, étant classé septième au monde par les chercheurs les plus cités. Parmi les experts canadiens de la S-T, 53 % estiment que la force du Canada en chimie est supérieure, mais 29 % croient que le Canada prend du retard dans ce domaine.

Le principal atout du Canada en chimie est la chimie médicinale et biomoléculaire, où sa MCR est sixième au monde et où il se classe au cinquième rang selon les chercheurs les plus cités. La chimie est probablement le domaine où le Canada obtient les résultats les plus homogènes, avec une production relativement réduite dans les divers sous-domaines, soit 2 à 3 % des articles publiés dans le monde. Sauf en chimie médicinale et biomoléculaire, le Canada est septième à neuvième pour la MCR dans tous les sous-domaines, et sixième à neuvième pour sa réputation chez les chercheurs les plus cités au monde.

33 Ce résultat est fondé sur un nombre limité de réponses.

10.5 COMMUNICATION ET ÉTUDE DES TEXTES

Le Canada a maintenu sa part de la production mondiale de recherche en communication et étude des textes au cours de la dernière décennie, mais son impact bibliométrique s'est accru, avec une MCR qui le place au neuvième rang mondial de 2005 à 2010.

Le Canada est bien perçu à l'échelle internationale en communication et étude des textes, étant placé au quatrième rang par les chercheurs les plus cités au monde. Parmi les experts canadiens, 55 % estiment que la force du Canada en communication et étude des textes est supérieure, et 21 % croient que le pays gagne du terrain. C'est l'un des domaines en plus forte augmentation à ce chapitre, et cela correspond à l'augmentation de la MCR. Ce domaine vient au quatrième rang pour le nombre d'étudiants de premier cycle au Canada.

Le principal point fort du Canada dans ce domaine est le sous-domaine des études littéraires. Il a produit 6,7 % des articles publiés dans ce sous-domaine et a été classé premier au monde par les chercheurs les plus cités³⁴. Malgré les limites de la MCR comme indicateur dans ces sous-domaines, le Canada s'est modérément bien classé. C'est à nouveau dans le sous-domaine des études littéraires où il a obtenu les meilleurs résultats (sixième rang mondial).

10.6 ÉCONOMIE ET SCIENCES DE LA GESTION

Le domaine de l'économie et des sciences de la gestion est l'un des plus stables sur le plan des indicateurs bibliométriques. Le Canada a connu une légère diminution de sa production (tant pour son indice de spécialisation que pour sa part des articles publiés dans le monde) mais une légère croissance de son impact (MCR) de 2005 à 2010 par rapport aux cinq années précédentes. Le Canada se classe septième au monde pour sa MCR dans ce domaine.

Le Canada a une très bonne réputation internationale en économie et en sciences de la gestion, puisque les chercheurs les plus cités le classent au troisième rang mondial. Parmi les experts canadiens de la S-T, 66 % estiment que la force du Canada dans le domaine est supérieure, et 14 % croient que le Canada gagne du terrain. C'est en économie et en sciences de la gestion que le Canada produit le plus grand nombre de diplômés au collège et à la maîtrise, et le deuxième plus grand nombre de diplômés de premier cycle.

34 Ce résultat est fondé sur un nombre limité de réponses.

Le Canada produit une grande quantité de recherche dans tous les sous-domaines de l'économie et des sciences de la gestion, soit de 4,1 à 7,9 % des articles publiés dans le monde. Pour ce qui est de leur impact, le Canada s'est classé premier au monde pour la MCR en administration et gestion, troisième en logistique et transports, et quatrième en théorie économique. La réputation du Canada chez les chercheurs les plus cités au monde est particulièrement bonne dans les sous-domaines de l'économie et politique de l'agriculture ainsi que de la logistique et des transports, avec le premier rang mondial selon les répondants à l'enquête³⁵.

10.7 ENVIRONNEMENT CONSTRUIT ET DESIGN

La production de recherche du Canada en environnement construit et design est relativement faible, et elle diminue tant pour la part des articles publiés dans le monde que pour l'indice de spécialisation. En plus de cette faible production, le Canada arrive au quatorzième rang pour la MCR dans ce domaine, son plus mauvais classement tous domaines confondus. Par contre, les experts canadiens de la S-T ont un haut degré de collaboration internationale en environnement construit et design, de 39 % supérieur à ce que prédisent les modèles.

Le Canada a une réputation modérément bonne en environnement construit et design, étant classé cinquième au monde par les chercheurs les plus cités. Parmi les experts canadiens de la S-T, 50 % estiment que la force du Canada en environnement construit et design est supérieure, et 10 % disent que le Canada gagne du terrain. Ce domaine attire les étudiants étrangers, qui comptent pour 14 % des nouveaux titulaires d'un doctorat au Canada.

Le sous-domaine de la pratique et de la gestion du design est un point fort du Canada, qui a une production relativement importante dans ce sous-domaine, avec 4,7 % des articles publiés dans le monde, et une MCR élevée (1,41, au troisième rang mondial).

10.8 ÉTUDE DE L'HISTOIRE

En étude de l'histoire, la part du Canada dans les articles publiés a légèrement augmenté de 2005 à 2010 par rapport aux cinq années précédentes, mais son impact (mesuré par la MCR) a diminué. Il n'en reste pas moins que la recherche canadienne en étude de l'histoire demeure souvent citée et se classe cinquième au monde pour la MCR.

35 Ce résultat est fondé sur un nombre limité de réponses.

Le Canada a une bonne réputation internationale en étude de l'histoire, les chercheurs les plus cités lui accordant le cinquième rang mondial. Parmi les experts canadiens, 53 % qualifient de supérieure la force du Canada en étude de l'histoire, mais 15 % estiment que le Canada prend du retard.

L'étude de l'histoire est un domaine hétérogène formé de plusieurs sous-domaines qui couvrent les sciences humaines et les sciences naturelles. Malgré cette diversité, la part du Canada dans les divers sous-domaines est remarquablement constante, se situant entre 4,1 et 5,4 % des articles publiés dans le monde. Selon les indicateurs bibliométriques, les sous-domaines qui constituent les points forts du Canada en étude de l'histoire sont les lettres classiques (au premier rang mondial pour la MCR), l'histoire des sciences sociales (deuxième rang), ainsi que l'histoire des sciences, de la technologie et de la médecine (quatrième rang).

10.9 GÉNIE

Le génie vient au troisième rang des domaines les plus importants pour la production bibliométrique. Même si le nombre d'articles a augmenté de manière spectaculaire de 2005 à 2010 par rapport aux cinq années précédentes, la part du Canada dans la production mondiale et son indice de spécialisation ont diminué, probablement du fait de l'augmentation énorme de la production d'articles par la Chine dans ce domaine. Par contre, l'impact de la recherche canadienne s'est accru, la MCR passant de 1,21 à 1,37. Plusieurs des grappes de recherche en croissance rapide au Canada sont liées au génie, ce qui témoigne de l'évolution constante de ce domaine. Celui-ci compte pour 6 % des brevets canadiens, et la MCR de ces brevets place le Canada au cinquième rang mondial.

Le Canada a une réputation modérément bonne en génie, étant classé septième au monde par les chercheurs les plus cités. Parmi les experts canadiens de la S-T, 70 % qualifient de supérieure la force du Canada en génie, mais 17 % estiment que le Canada prend du retard. Le génie est le domaine où il y a le plus de nouveaux titulaires d'un doctorat au Canada (16,8 %), ce qui est en accord avec la forte production bibliométrique, et 18 % de ces diplômés sont des étudiants étrangers.

La conception et le génie automobile constituent un sous-domaine particulièrement fort du génie. De 2005 à 2010, le Canada a produit dans ce sous-domaine 8,4 % des articles publiés dans le monde, soit une proportion substantiellement plus élevée que de 1999 à 2004, et il s'est classé au troisième rang mondial avec une MCR de 1,49. Le Canada est également troisième au monde pour la MCR en automatisation et génie industriel (mais sa part des publications mondiales a diminué). En génie

électrique et électronique, de même qu'en génie minier et métallurgique, le Canada s'est classé cinquième pour la MCR et sixième dans l'enquête auprès des chercheurs les plus cités au monde.

10.10 MATHÉMATIQUES ET STATISTIQUES

La production canadienne d'articles en mathématiques et statistiques et leur impact bibliométrique ont peu changé de 2005 à 2010 par rapport à la période 1999-2004, et le Canada se situe maintenant au neuvième rang mondial pour la MCR. Les chercheurs canadiens dans ce domaine ont un haut degré de collaboration internationale, de 47 % supérieur à ce que prédisent les modèles.

Le Canada a une bonne réputation internationale en mathématiques et statistiques, avec le cinquième rang mondial selon les chercheurs les plus cités. Parmi les experts canadiens de la S-T, 76 % estiment que la force du Canada en mathématiques et statistiques est supérieure, et 24 % croient que le Canada gagne du terrain, le deuxième plus haut pourcentage de tous les domaines. Conformément à cette bonne réputation, le Canada attire beaucoup d'étudiants étrangers, qui comptent pour 25 % des nouveaux titulaires d'un doctorat dans le domaine.

Le Canada a une production, un impact et une réputation modérés dans les sous-domaines des mathématiques et statistiques. Pour ce qui est de la MCR, le sous-domaine le plus fort est celui des mathématiques générales (au cinquième rang mondial), mais les statistiques et probabilités ont la meilleure réputation (avec le troisième rang mondial selon les chercheurs les plus cités) et la plus forte production, avec 7,1 % des articles publiés dans le monde.

10.11 MÉDECINE CLINIQUE

La médecine clinique est un domaine très important de la recherche canadienne, car il totalise plus de 22 % des articles scientifiques publiés par le Canada de 2005 à 2010. C'est aussi un domaine en croissance, puisque la part du Canada dans les publications mondiales a augmenté de manière significative de 2005 à 2010 par rapport aux cinq années précédentes. La recherche canadienne dans ce domaine a un impact très élevé et en croissance, avec une MCR qui vient au troisième rang mondial. En plus de collaborer beaucoup à l'intérieur du pays, les chercheurs canadiens en médecine clinique collaborent de manière importante avec leurs collègues étrangers, 57 % de plus que ce que prédisent les modèles.

Le Canada a une bonne réputation internationale en médecine clinique, venant au quatrième rang mondial selon les chercheurs les plus cités. Parmi les experts canadiens de la S-T, 55 % estiment que la force du Canada en médecine clinique est supérieure, et 16 % croient que le Canada prend du retard.

La médecine clinique englobe un grand nombre de sous-domaines, dont beaucoup sont de nets points forts du Canada. Le rang élevé selon les MCR dans les sous-domaines suivants est particulièrement digne de mention : dermatologie et maladies vénériennes, ainsi que médecine générale et interne (premier rang mondial); anesthésiologie, gastro-entérologie et hépatologie, orthopédie (deuxième rang); chirurgie, de même qu'urologie et néphrologie (troisième rang mondial). Ces sous-domaines ont en outre connu une croissance de la part des publications canadiennes dans le monde entre les périodes 1999-2004 et 2005-2010, ce qui témoigne d'une croissance de la médecine clinique dans les domaines où la recherche canadienne a un fort impact.

10.12 PHILOSOPHIE ET THÉOLOGIE

Selon les indicateurs bibliométriques, le Canada a une production de recherche croissante et relativement importante en philosophie et théologie (tant par son indice de spécialisation que par sa part des articles publiés dans le monde), mais dont l'impact est relativement faible (il est toutefois en croissance), au huitième rang mondial pour la MCR. Le Canada est très bien perçu dans ce domaine, avec le troisième rang mondial selon les chercheurs les plus cités. De plus, 65 % des experts canadiens de la S-T estiment que la force du Canada en philosophie et théologie est supérieure, et 12 % considèrent que le Canada gagne du terrain.

Dans les sous-domaines de la philosophie et théologie, le Canada occupe le cinquième rang mondial pour la MCR en religions et théologie, et les chercheurs les plus cités au monde l'ont placé au troisième rang en éthique appliquée et en philosophie³⁶.

10.13 PHYSIQUE ET ASTRONOMIE

La physique et l'astronomie ont totalisé plus de 7 % des articles scientifiques du Canada de 2005 à 2010, soit le cinquième domaine en importance pour la production bibliométrique. Par contre, la part du Canada dans le monde et son indice de spécialisation sont faibles, mais en augmentation. L'impact de la recherche canadienne dans ce domaine est extrêmement élevé, avec une MCR qui place le Canada au troisième rang mondial, soit un meilleur classement de 2005 à 2010 que pour les cinq années précédentes. En outre, plusieurs grappes à fort impact et en croissance rapide au Canada sont liées à la physique et à l'astronomie.

Le Canada a une réputation internationale modérément bonne en physique et astronomie, avec le septième rang mondial selon les chercheurs les plus cités. De la

36 Ce résultat est fondé sur un nombre limité de réponses.

même manière, parmi les experts canadiens de la S-T, 56 % estiment que la force du Canada en physique et astronomie est supérieure, mais seulement 8 % croient que le Canada gagne du terrain.

Les chercheurs les plus cités au monde et les experts canadiens de la S-T ont nommé plusieurs infrastructures, liées au domaine de la physique et de l'astronomie, qui constituent un avantage pour le Canada, dont le Centre canadien de rayonnement synchrotron, l'Observatoire et le laboratoire de neutrinos de Sudbury, TRIUMF (laboratoire national du Canada en physique nucléaire et corpusculaire) et l'Institut Périphère de physique théorique.

Les succès du Canada varient considérablement d'un sous-domaine à l'autre de la physique et de l'astronomie. Il occupe le premier rang mondial pour la MCR en astronomie et astrophysique ainsi qu'en physique des particules et nucléaire. Il réussit toutefois moins bien dans d'autres sous-domaines. Tout comme pour le domaine dans son ensemble, la réputation du Canada dans les divers sous-domaines selon les chercheurs les plus cités au monde est généralement moins bonne que ce que les MCR pourraient laisser attendre, ce qui est peut-être lié à la faible production de recherche dans plusieurs sous-domaines.

10.14 PSYCHOLOGIE ET SCIENCES COGNITIVES

Dans le domaine de la psychologie et des sciences cognitives, le Canada a une production très abondante (7,6 % des publications mondiales) et un impact élevé (avec une MCR au cinquième rang mondial). La production et l'impact de la recherche canadienne dans ce domaine ont tous deux augmenté de 2005 à 2010 par rapport aux cinq années précédentes.

Le Canada jouit d'une très bonne réputation internationale en psychologie et sciences cognitives, avec le troisième rang mondial selon les chercheurs les plus cités. Parmi les experts canadiens, 67 % estiment que la force du Canada en psychologie et sciences cognitives est supérieure, et 15 % croient qu'il gagne du terrain dans ce domaine.

La psychologie et les sciences cognitives constituent l'un des six domaines les plus importants au Canada pour l'enseignement universitaire de premier cycle, et elles comptent pour 9 % de tous les doctorats conférés au Canada.

Les sous-domaines de la psychologie et des sciences cognitives chevauchent les sciences de la santé, les sciences naturelles et les sciences sociales, qui ont des normes différentes d'évaluation de l'excellence. Cependant, pour ce qui est de la réputation du Canada parmi les chercheurs les plus cités, il s'est classé premier au monde en

psychanalyse, et troisième en psychologie clinique, psychologie du développement et de l'enfant, de même que psychologie expérimentale³⁷. Le Canada est deuxième au monde pour la MCR en psychologie générale et sciences cognitives, et quatrième en psychologie clinique.

10.15 RECHERCHE BIOMÉDICALE

En recherche biomédicale, le Canada a accru la quantité (part des articles publiés dans le monde) et la qualité (MCR) de ses articles scientifiques de 2005 à 2010 par rapport aux cinq années précédentes. Il se classe neuvième au monde pour la MCR. Plusieurs des grappes en croissance rapide au Canada ont des mots-clés liés à la recherche biomédicale. Cela indique que ce sous-domaine est à la fine pointe du progrès scientifique.

Le Canada jouit d'une bonne réputation en recherche biomédicale, étant classé cinquième au monde par les chercheurs les plus cités. Parmi les experts canadiens de la S-T, 62 % qualifient de supérieure la force du Canada dans ce domaine par rapport à d'autres pays avancés, mais 18 % estiment que le Canada prend du retard.

Parmi les sous-domaines de la recherche biomédicale, l'anatomie et la morphologie constituent un atout particulier du Canada. Le pays ne produit que 2,8 % des articles publiés dans le monde, mais il a une MCR très élevée de 2,38, au premier rang mondial. Il vient en outre au troisième rang pour la MCR en mycologie et parasitologie, et au cinquième rang en toxicologie.

10.16 SANTÉ PUBLIQUE ET SOINS DE SANTÉ

Le domaine de la santé publique et des soins de santé est un domaine important et en croissance rapide au Canada, avec près de 7 % des articles publiés dans le monde. Le Canada a vu sa MCR augmenter de 2005 à 2010 par rapport aux cinq années précédentes, et se classe maintenant septième au monde. De plus, le Canada produit 8 % des articles les plus cités au monde en santé publique et soins de santé, soit le pourcentage le plus élevé de tous les domaines au pays.

Le Canada jouit d'une très bonne réputation internationale en santé publique et soins de santé, avec le troisième rang mondial selon les chercheurs les plus cités. Parmi les experts canadiens de la S-T, 65 % estiment que la force du Canada en santé publique et soins de santé est supérieure, et 26 % croient qu'il gagne du terrain, soit le pourcentage le plus élevé de tous les domaines. Le Canada forme un grand

37 Ce résultat est fondé sur un nombre limité de réponses.

nombre d'étudiants en santé publique et soins de santé aux niveaux du collège, du premier cycle universitaire et de la maîtrise, mais relativement peu au doctorat, et seulement 4 % des étudiants à ce niveau viennent de l'étranger.

La production canadienne de recherche est abondante dans tous les sous-domaines de la santé publique et des soins de santé, comptant pour 5,3 à 8,3 % des articles de recherche publiés dans le monde. Dans l'enquête menée auprès des chercheurs les plus cités, le Canada est au premier rang mondial dans les deux sous-domaines suivants : orthophonie et audiologie; abus de substances³⁸. Il se situe en outre au troisième rang mondial pour la MCR en orthophonie et audiologie.

10.17 SCIENCES ENVIRONNEMENTALES ET DE LA TERRE

Même si la part canadienne des articles publiés en sciences environnementales et de la Terre est demeurée stable de 2005 à 2010 par rapport aux cinq années précédentes, sa MCR et son indice de spécialisation ont connu une croissance nulle ou négative au cours des cinq dernières années. Le Canada vient au neuvième rang mondial pour ce qui est de la MCR. En ce qui concerne les brevets, le Canada a perdu du terrain dans la catégorie des métaux de 2005 à 2010 par rapport à la période 1999-2004, tant pour le nombre de brevets que pour leur impact, passant du cinquième au onzième rang mondial. Par contre, parmi les grappes bibliométriques de recherche où le Canada a un indice de spécialisation élevé, et aussi parmi les grappes les plus interdisciplinaires, plusieurs sont liées aux sciences environnementales et de la Terre.

Le Canada est bien perçu en sciences environnementales et de la Terre, étant classé au quatrième rang par les chercheurs les plus cités au monde. Parmi les experts canadiens de la S-T, 71 % estiment que la force du Canada dans le domaine est supérieure, mais 26 % croient que le Canada prend du retard, ce qui est en accord avec les constatations bibliométriques et technométriques. Ce domaine attire beaucoup de chercheurs étrangers, puisque 26 % des nouveaux titulaires d'un doctorat sont étrangers et que 6,5 % des chercheurs universitaires ont un visa de travail au Canada.

À l'intérieur des sciences environnementales et de la Terre, c'est dans le sous-domaine des sciences environnementales que la part du Canada des articles publiés dans le monde est la plus faible (4,81 % de 2005 à 2010, en baisse par rapport à la période 1999-2004). Par contre, le pays vient au quatrième rang mondial pour la MCR et dans l'enquête auprès des chercheurs les plus cités au monde. À l'opposé, les sous-domaines des sciences de la Terre ont eu une production généralement

38 Ce résultat est fondé sur un nombre limité de réponses.

abondante, mais de faible impact, le Canada venant au mieux au dixième rang mondial pour les MCR, même s'il est classé de quatrième à septième par les chercheurs les plus cités. Par exemple, le Canada a produit 10,5 % des publications dans le sous-domaine de la géologie, mais a obtenu le quatorzième rang mondial pour la MCR.

10.18 SCIENCES SOCIALES

Le volume de recherche du Canada en sciences sociales a augmenté légèrement de 2005 à 2010 par rapport aux cinq années précédentes (tant pour la part du nombre d'articles publiés que pour l'indice de spécialisation). Par contre, son impact a diminué légèrement, et il se situe maintenant au huitième rang mondial pour la MCR.

Le Canada jouit d'une très bonne réputation internationale en sciences sociales, avec le troisième rang mondial selon les chercheurs les plus cités. Parmi les experts canadiens de la S-T, 60 % estiment que la force du Canada en sciences sociales est supérieure.

Les sciences sociales tiennent une place très importante dans l'enseignement postsecondaire au Canada. Elles comptent pour 25 % de tous les diplômés de premier cycle universitaire, 23 % des diplômés de maîtrise et 15 % des nouveaux titulaires d'un doctorat, dont 10 % d'étudiants étrangers.

Les sciences sociales englobent une vaste gamme de sous-domaines, où le rendement du Canada est très variable. Le Canada a été classé premier au monde par les chercheurs les plus cités en étude de genre et en travail social³⁹, et il est au premier rang mondial pour la MCR en criminologie.

10.19 TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DES COMMUNICATIONS (TIC)

Le domaine des TIC est le deuxième domaine en importance au Canada, avec plus de 10 % de la production d'articles scientifiques du pays, malgré une diminution de la part canadienne des articles publiés dans le monde par rapport à la période 1999-2004, ainsi qu'une baisse de son indice de spécialisation. Les TIC canadiennes ont également un fort impact, avec une MCR qui se situe au sixième rang mondial.

Plusieurs grappes de recherche en croissance rapide au Canada sont liées aux TIC : réseaux et technologies sans fil; traitement de l'information et calcul; reconnaissance de la parole et autres technologies biométriques; analyse évoluée de données. Les TIC

39 Ce résultat est fondé sur un nombre limité de réponses.

représentent 44 % des brevets du Canada, avec une MCR qui se situe au troisième rang mondial. Les chercheurs canadiens dans le domaine des TIC ont un haut degré de collaboration internationale, de 40 % supérieur à ce que prédisent les modèles.

Le Canada a une bonne réputation internationale dans le domaine des TIC, avec le quatrième rang mondial selon les chercheurs les plus cités. Parmi les experts canadiens de la S-T, 64 % estiment que la force du Canada en TIC est supérieure. Les étudiants étrangers comptent pour 16 % des nouveaux diplômés au niveau du doctorat au Canada.

L'informatique médicale est le principal point fort du Canada en TIC. La recherche canadienne dans ce sous-domaine compte pour 8,1 % des articles publiés dans le monde de 2005 à 2010, soit une proportion plus élevée que de 1999 à 2004. Elle vient au deuxième rang mondial pour la MCR, et au quatrième rang dans l'enquête auprès des chercheurs les plus cités au monde⁴⁰. Les autres atouts du Canada en TIC comprennent les sous-domaines des systèmes informatiques (au troisième rang mondial pour la MCR et dans l'enquête auprès des chercheurs les plus cités), de même que l'architecture et le matériel informatiques, ainsi que la réseautique et les télécommunications (au quatrième rang pour la MCR dans les deux cas).

10.20 TECHNOLOGIES HABILITANTES ET STRATÉGIQUES

Même si les indicateurs bibliométriques du Canada (indice de spécialisation et part des articles publiés dans le monde) en technologies habilitantes et stratégiques s'améliorent, ceux-ci demeurent faibles. L'impact de cette recherche (MCR) est élevé, mais un peu plus faible de 2005 à 2010 qu'au cours des cinq années précédentes, ce qui place le Canada au huitième rang mondial. Ce domaine est associé à des grappes en croissance rapide (nanotubes de carbone) et hautement spécialisées (sables bitumineux).

La réputation internationale du Canada en technologies habilitantes et stratégiques est modeste, avec le huitième rang mondial selon les chercheurs les plus cités. Ce rang peut s'expliquer par la faible production canadienne dans ce domaine. Parmi les experts canadiens de la S-T, 62 % estiment que la force du Canada en technologies habilitantes et stratégiques est supérieure, mais 21 % croient que le pays prend du retard.

40 Ce résultat est fondé sur un nombre limité de réponses.

Comme les sous-domaines des technologies habilitantes et stratégiques sont extrêmement diversifiés — de la bio-informatique à l'énergie, en passant par les études stratégiques et de sécurité — on aurait pu s'attendre à de grandes différences de rendement d'un sous-domaine à l'autre. Ce n'est toutefois pas le cas. Le Canada a une production modérée dans tous ces sous-domaines, soit de 1,9 à 4,9 % des articles publiés dans le monde, ainsi que des résultats moyens pour ce qui est de la MCR et du classement dans les enquêtes. C'est en optoélectronique et photonique qu'il obtient le meilleur rang (quatrième) pour la MCR. Étant donné son importance stratégique, le sous-domaine de l'énergie est d'un intérêt particulier. Dans ce sous-domaine, le Canada s'est classé septième au monde pour la MCR, et quatrième dans l'enquête auprès des chercheurs les plus cités⁴¹. Il vient en outre au septième rang mondial pour les citations de brevets dans le sous-domaine de l'énergie, ce qui constitue un recul au cours des cinq dernières années.

41 Ce résultat est fondé sur un nombre limité de réponses.

Tableau 10.2

Principaux indicateurs de S-T pour les 176 sous-domaines

Domaine		AMPLEUR ET INTENSITÉ		
		Nombre d'articles, de 2005 à 2010	Part des publications du monde (%), de 2005 à 2010	IS, de 2005 à 2010
Domaine	Sous-domaine			
Agriculture, pêcheries et foresterie	Agronomie et agriculture	3 300	4,47	1,20
	Foresterie	3 301	10,40	2,96
	Horticulture	391	4,29	1,09
	Pêcheries	2 406	8,59	2,03
	Sciences animales et laitières	2 091	4,11	1,01
	Sciences des aliments	1 862	3,85	0,95
	Sciences vétérinaires	2 529	4,51	1,18
Arts visuels et arts de la scène	Folklore	7	0,87	0,48
	Histoire, théorie et pratique des arts	72	2,62	0,98
	Musique	131	4,57	1,49
	Théâtre et dramaturgie	76	5,92	2,41
Biologie	Biologie de l'évolution	2 965	6,86	1,43
	Biologie marine et hydrobiologie	2 720	5,52	1,20
	Biologie végétale et botanique	4 156	3,52	0,82
	Écologie	5 238	7,23	1,67
	Entomologie	1 752	4,99	1,24
	Ornithologie	766	8,80	1,93
	Zoologie	630	2,93	0,60
Chimie	Chimie analytique	2 881	2,71	0,68
	Chimie générale	2 222	2,45	0,61
	Chimie inorganique et nucléaire	1 946	1,98	0,44
	Chimie médicinale et biomoléculaire	1 598	2,18	0,50
	Chimie organique	3 851	2,88	0,75
	Chimie physique	2 057	2,85	0,65
	Polymères	3 098	2,67	0,66
Communication et étude des textes	Communication et médias	277	2,60	0,82
	Études littéraires	1 443	6,70	2,39
	Langues et linguistique	966	4,86	1,51

	QUALITÉ ET IMPACT				ÉVOLUTION		
	MCR, de 2005 à 2010	Rang selon les MCR, de 2005 à 2010	Rang selon l'enquête internationale	Part des répondants à l'enquête canadienne qui qualifient la recherche de « Supérieure » (%)	Évolution de la part du Canada dans les publications mondiales (%)	Évolution de la MCR	Évolution de l'IS
	1,18	10	4	77	-1,65	0,08	-0,49
	1,12	12	2	76	-1,95	-0,06	-0,60
	0,76	17	9	40	0,29	-0,23	-0,03
	1,31	6	1	80	-1,18	-0,11	-0,46
	1,64	3	3	68	-0,64	0,23	-0,19
	1,13	7	5	59	-0,44	-0,01	-0,18
	1,31	5	3	60	0,02	-0,03	0,05
	–	–	–	50	-1,97	–	-1,44
	–	–	11	56	0,63	–	0,23
	–	–	1	60	1,69	–	0,50
	–	–	6	70	2,27	–	0,39
	1,42	2	4	57	1,12	0,01	0,17
	1,30	6	5	68	1,24	0,02	0,21
	1,28	9	9	67	-0,80	0,21	-0,26
	1,41	7	4	60	-0,54	0,30	-0,28
	1,20	7	11	29	-0,40	0,13	-0,13
	1,31	4	1	24	0,61	-0,02	-0,10
	1,48	1	4	43	0,56	-0,31	0,07
	1,20	9	7	40	-0,24	-0,06	-0,10
	1,59	6	7	39	-0,28	0,23	-0,09
	1,23	9	7	58	-0,11	0,02	-0,04
	1,26	6	5	51	-0,06	0,01	-0,05
	1,15	7	8	63	0,21	-0,02	0,05
	1,03	9	9	58	0,51	-0,04	0,13
	1,43	8	7	44	-0,11	0,14	-0,06
	0,80	9	3	57	0,41	-0,06	0,16
	1,02	6	1	52	0,29	0,36	0,01
	1,13	7	4	46	-0,65	-0,14	-0,27

suite à la page suivante

Domaine		AMPLEUR ET INTENSITÉ		
		Nombre d'articles, de 2005 à 2010	Part des publications du monde (%), de 2005 à 2010	IS, de 2005 à 2010
Domaine	Sous-domaine			
Économie et sciences de la gestion	Administration et gestion	2 613	4,51	1,12
	Comptabilité	348	7,01	1,71
	Économétrie	264	7,57	1,66
	Économie	2 338	4,06	1,06
	Économie et politique de l'agriculture	397	5,43	1,27
	Études du développement	408	4,70	1,32
	Finance	839	5,35	1,25
	Logistique et transports	1 065	4,26	1,14
	Marketing	815	5,12	1,18
	Relations industrielles	267	7,10	2,01
	Sport, récréation et tourisme	551	7,88	2,12
	Théorie économique	256	5,54	1,22
Environnement construit et design	Architecture	51	2,32	0,90
	Bâtiments et construction	1 271	4,42	1,17
	Pratique et gestion du design	902	4,68	1,27
	Urbanisme et sciences régionales	928	6,89	1,95
Étude de l'histoire	Anthropologie	562	4,72	1,30
	Archéologie	441	4,24	1,03
	Histoire	714	4,15	1,49
	Histoire des sciences, de la technologie et de la médecine	170	4,95	1,55
	Histoire des sciences sociales	157	4,85	1,53
	Lettres classiques	156	4,56	1,57
	Paléontologie	1 312	5,43	1,08
Génie	Aérospatiale et aéronautique	1 726	2,68	0,67
	Automatisation et génie industriel	4 748	3,07	0,79
	Conception et génie automobile	942	8,37	2,30
	Génie biomédical	2 879	4,62	1,18
	Génie chimique	3 036	3,42	0,90
	Génie civil	2 950	5,07	1,41

	QUALITÉ ET IMPACT				ÉVOLUTION		
	MCR, de 2005 à 2010	Rang selon les MCR, de 2005 à 2010	Rang selon l'enquête internationale	Part des répondants à l'enquête canadienne qui qualifient la recherche de « Supérieure » (%)	Évolution de la part du Canada dans les publications mondiales (%)	Évolution de la MCR	Évolution de l'IS
	1,38	1	3	63	-0,57	0,06	-0,19
	0,81	8	4	52	1,96	-0,14	0,46
	0,73	9	4	57	1,31	-0,27	0,24
	0,96	11	3	64	-0,57	0,00	-0,20
	0,97	11	1	59	-1,81	0,26	-0,69
	0,67	14	3	50	0,29	-0,11	0,08
	0,88	6	4	76	1,36	-0,18	0,30
	1,55	3	1	60	-0,65	0,13	-0,18
	1,13	9	4	38	0,72	0,05	0,07
	0,80	8	–	55	-0,87	0,07	-0,46
	1,05	8	–	32	-0,61	0,09	-0,13
	1,19	4	7	44	0,18	0,39	0,01
	–	–	6	41	1,06	–	0,47
	1,24	11	6	59	-0,96	-0,13	-0,32
	1,41	3	10	45	-0,91	0,41	-0,26
	0,86	17	8	41	-0,31	0,05	-0,13
	1,24	6	5	44	1,17	-0,05	0,35
	1,22	6	5	47	-0,43	-0,10	-0,18
	0,99	7	6	50	0,77	-0,16	0,16
	1,15	4	4	55	-1,83	0,01	-0,57
	1,37	2	4	39	0,06	0,16	0,13
	1,74	1	7	30	0,92	0,60	0,25
	1,43	7	4	58	0,23	-0,16	-0,11
	1,33	10	7	73	-0,01	0,13	-0,02
	1,68	3	7	35	-0,51	0,40	-0,15
	1,49	3	9	40	3,59	0,43	0,97
	1,13	9	6	67	0,30	0,01	0,06
	1,35	9	5	64	-0,77	0,23	-0,18
	1,19	11	4	63	-3,29	0,33	-0,95

suite à la page suivante

Domaine		AMPLEUR ET INTENSITÉ		
		Nombre d'articles, de 2005 à 2010	Part des publications du monde (%), de 2005 à 2010	IS, de 2005 à 2010
Domaine	Sous-domaine			
Génie (suite)	Génie de l'environnement	3 537	6,59	1,69
	Génie électrique et électronique	4 963	3,84	0,98
	Génie géologique et géomatique	2 748	5,69	1,48
	Génie mécanique et des transports	3 590	2,60	0,67
	Génie minier et métallurgique	1 428	3,95	1,07
	Recherche opérationnelle	2 380	5,06	1,15
Mathématiques et statistiques	Mathématiques appliquées	1 157	2,78	0,61
	Mathématiques computationnelles et numériques	1 306	3,55	0,77
	Mathématiques générales	4 166	4,06	0,88
	Statistiques et probabilités	2 322	7,06	1,55
Médecine clinique	Allergologie	553	3,68	0,80
	Anesthésiologie	1 898	4,89	1,35
	Arthrite et rhumatologie	1 665	5,31	1,13
	Chirurgie	2 563	3,14	0,78
	Dentisterie	1 362	2,70	0,62
	Dermatologie et maladies vénériennes	915	1,78	0,41
	Endocrinologie et métabolisme	3 821	5,11	1,18
	Gastro-entérologie et hépatologie	2 382	3,04	0,72
	Gériatrie	794	5,45	1,38
	Hygiène du travail et de l'environnement	469	3,84	1,02
	Immunologie	4 401	4,46	0,94
	Médecine alternative	207	2,72	0,66
	Médecine clinique, général	660	2,76	0,64
	Médecine générale et interne	5 824	3,05	0,74
	Médecine légale	291	3,03	0,83
	Médecine nucléaire et imagerie médicale	4 621	4,63	1,18
	Médecine sportive	1 864	7,53	1,96
	Médecine tropicale	381	1,88	0,31
	Neurologie et neurochirurgie	11 954	4,99	1,17
	Obstétrique et reproduction	2 609	3,33	0,81
Oncologie	7 270	4,15	0,92	

	QUALITÉ ET IMPACT				ÉVOLUTION		
	MCR, de 2005 à 2010	Rang selon les MCR, de 2005 à 2010	Rang selon l'enquête internationale	Part des répondants à l'enquête canadienne qui qualifient la recherche de « Supérieure » (%)	Évolution de la part du Canada dans les publications mondiales (%)	Évolution de la MCR	Évolution de l'IS
	1,17	11	6	65	0,30	-0,09	0,01
	1,36	5	6	63	-0,31	0,18	-0,14
	1,38	8	3	79	-1,36	0,14	-0,44
	1,29	13	7	54	-0,25	0,06	-0,11
	1,84	5	6	78	-0,51	-0,19	-0,21
	1,28	7	2	38	-0,58	0,11	-0,16
	0,96	11	6	67	-0,06	-0,11	-0,05
	0,98	10	8	65	-0,65	-0,15	-0,15
	1,19	5	9	71	0,27	0,03	0,04
	1,10	8	3	71	0,58	0,15	0,09
	1,46	9	3	43	0,49	0,17	-0,04
	1,87	2	2	24	0,70	0,30	0,20
	1,58	7	6	53	1,06	-0,15	0,10
	1,49	3	15	45	0,40	0,20	0,02
	1,07	11	6	15	-0,33	0,01	-0,09
	2,24	1	11	17	0,15	0,47	0,01
	1,29	9	4	76	0,02	0,14	-0,04
	2,09	2	8	44	0,03	0,57	-0,07
	1,19	12	3	62	0,14	0,00	-0,05
	1,68	7	–	32	0,60	0,20	0,21
	1,09	6	9	69	0,65	0,04	0,04
	1,36	7	–	18	0,53	-0,16	0,06
	1,39	5	3	52	-0,25	-0,28	-0,14
	3,93	1	3	54	0,13	0,67	-0,02
	0,94	13	1	8	0,03	-0,37	0,02
	1,23	7	10	58	1,26	-0,06	0,32
	1,35	8	1	36	0,08	-0,07	-0,19
	1,14	–	6	7	0,51	-0,07	0,05
	1,48	6	4	79	0,17	0,12	-0,01
	1,59	4	6	53	0,08	0,15	-0,05
	1,31	6	5	83	0,50	0,03	0,05

suite à la page suivante

Domaine		AMPLEUR ET INTENSITÉ		
		Nombre d'articles, de 2005 à 2010	Part des publications du monde (%), de 2005 à 2010	IS, de 2005 à 2010
Domaine	Sous-domaine			
Médecine clinique (suite)	Ophthalmologie et optométrie	1 592	2,85	0,72
	Orthopédie	2 773	4,42	1,08
	Otorhinolaryngologie	1 176	3,16	0,91
	Pathologie	1 278	4,50	0,99
	Pédiatrie	2 472	4,30	1,12
	Pharmacologie et pharmacie	3 678	3,02	0,75
	Psychiatrie	4 234	5,73	1,44
	Système cardiovasculaire et hématologie	7 166	4,69	1,11
	Système respiratoire	2 854	5,40	1,32
	Urgentologie et soins intensifs	1 653	5,31	1,31
	Urologie et néphrologie	2 974	4,32	0,99
Philosophie et théologie	Éthique appliquée	748	7,00	2,15
	Philosophie	715	5,17	1,73
	Religions et théologie	561	5,73	2,01
Physique et astronomie	Acoustique	2 108	5,51	1,46
	Astronomie et astrophysique	4 218	5,76	0,74
	Fluides et plasmas	3 840	3,11	0,63
	Optique	2 142	3,18	0,79
	Physico-chimie	3 384	3,24	0,76
	Physique appliquée	5 303	1,71	0,39
	Physique des particules et nucléaire	4 753	3,72	0,61
	Physique générale	4 228	2,77	0,49
	Physique mathématique	914	4,40	0,94
Psychologie et sciences cognitives	Facteurs humains	1 195	7,73	2,06
	Psychanalyse	120	1,96	0,68
	Psychologie clinique	1 484	7,55	1,94
	Psychologie du développement et de l'enfant	1 765	7,59	2,04
	Psychologie expérimentale	3 738	8,78	2,13
	Psychologie générale et sciences cognitives	157	3,37	0,96
	Psychologie sociale	2 383	7,52	1,93
	Science comportementale et psychologie comparative	1 477	8,29	2,07

	QUALITÉ ET IMPACT				ÉVOLUTION		
	MCR, de 2005 à 2010	Rang selon les MCR, de 2005 à 2010	Rang selon l'enquête internationale	Part des répondants à l'enquête canadienne qui qualifient la recherche de « Supérieure » (%)	Évolution de la part du Canada dans les publications mondiales (%)	Évolution de la MCR	Évolution de l'IS
	0,98	12	5	34	-0,13	-0,03	-0,06
	1,49	2	2	43	0,73	-0,10	0,12
	1,47	4	11	17	0,59	0,02	0,19
	1,37	7	4	31	1,22	0,05	0,24
	1,55	5	3	64	1,07	-0,08	0,27
	1,33	7	7	44	-0,25	0,03	-0,11
	1,25	5	3	26	0,57	-0,01	0,04
	1,42	8	5	91	0,61	-0,04	0,08
	1,62	4	2	74	0,17	0,08	-0,06
	1,55	7	3	58	0,67	0,03	0,10
	1,67	3	2	36	1,48	0,13	0,25
	1,25	7	3	60	1,23	0,16	0,46
	0,73	10	3	63	0,58	-0,08	0,13
	0,86	5	6	47	0,37	0,15	0,00
	1,01	10	9	10	0,82	0,05	0,19
	1,86	1	7	78	1,65	0,23	0,14
	1,11	10	9	27	0,33	-0,03	0,05
	1,33	6	7	65	0,86	0,12	0,24
	1,17	8	8	35	0,00	0,06	0,01
	1,11	10	10	42	0,10	0,02	0,02
	1,76	1	8	59	0,44	0,36	0,05
	1,89	3	10	28	0,34	0,32	0,05
	0,94	8	7	52	0,27	-0,12	0,06
	1,22	7	4	33	2,03	0,09	0,41
	0,94	7	1	4	0,19	0,30	0,13
	1,19	4	3	79	1,21	-0,15	0,22
	1,27	8	3	85	1,67	0,02	0,36
	1,02	8	3	70	-0,32	0,05	-0,23
	0,90	2	4	75	-0,16	-0,02	-0,03
	1,20	6	5	62	-0,15	0,12	-0,15
	1,02	12	4	61	0,86	-0,04	0,12

Domaine		AMPLEUR ET INTENSITÉ		
		Nombre d'articles, de 2005 à 2010	Part des publications du monde (%), de 2005 à 2010	IS, de 2005 à 2010
Domaine	Sous-domaine			
Recherche biomédicale	Anatomie et morphologie	251	2,80	0,59
	Biochimie et biologie moléculaire	7 738	4,93	1,16
	Biologie du développement	4 862	5,57	1,17
	Biophysique	1 486	4,82	1,13
	Génétique et hérédité	1 797	6,66	1,24
	Microbiologie	5 430	4,16	0,94
	Microscopie	258	3,49	0,83
	Mycologie et parasitologie	764	3,73	0,77
	Nutrition et diététique	1 910	4,42	1,11
	Physiologie	2 793	9,59	2,37
	Toxicologie	1 858	4,29	0,99
	Virologie	2 179	4,66	1,00
Santé publique et soins de santé	Abus de substances	1 008	5,90	1,52
	Épidémiologie	1 319	6,97	1,47
	Gérontologie	1 097	7,59	2,08
	Orthophonie et audiologie	712	5,35	1,39
	Politiques et services de santé	1 745	8,15	1,97
	Réadaptation	2 391	8,34	2,33
	Santé publique	4 289	6,84	1,77
	Soins infirmiers	2 737	6,00	1,79
Sciences environnementales et de la Terre	Géochimie et géophysique	4 130	5,42	1,09
	Géologie	1 681	10,45	2,37
	Météorologie et sciences atmosphériques	5 301	6,15	1,25
	Océanographie	947	5,69	1,21
	Sciences environnementales	3 729	4,81	1,13
Sciences sociales	Bibliothéconomie et sciences de l'information	950	4,21	1,32
	Criminologie	1 085	7,30	2,17
	Démographie	128	3,58	1,06

	QUALITÉ ET IMPACT				ÉVOLUTION		
	MCR, de 2005 à 2010	Rang selon les MCR, de 2005 à 2010	Rang selon l'enquête internationale	Part des répondants à l'enquête canadienne qui qualifient la recherche de « Supérieure » (%)	Évolution de la part du Canada dans les publications mondiales (%)	Évolution de la MCR	Évolution de l'IS
	2,38	1	4	20	-0,21	1,09	-0,14
	1,11	9	5	74	0,20	0,03	0,04
	1,07	10	4	62	0,93	0,01	0,18
	0,99	11	5	44	0,51	-0,06	0,14
	1,31	7	7	80	0,90	0,09	0,00
	1,28	7	6	61	0,31	0,10	0,00
	0,90	12	6	32	-0,66	-0,16	-0,20
	1,55	3	6	28	0,36	0,32	0,03
	1,41	6	5	39	0,10	0,27	-0,01
	0,94	13	5	44	0,97	-0,04	0,18
	1,35	5	6	28	0,08	0,01	-0,03
	1,17	8	6	63	0,81	0,11	0,09
	0,96	7	1	54	1,46	-0,04	0,40
	1,18	7	3	60	1,48	-0,01	0,14
	0,95	18	6	52	-0,22	0,05	-0,19
	1,39	3	1	24	0,58	0,18	0,24
	1,22	4	3	71	1,90	-0,19	0,38
	1,36	5	3	55	1,65	-0,08	0,46
	1,12	7	3	64	0,59	0,19	0,07
	1,55	6	3	51	-0,34	0,22	0,00
	1,21	10	7	68	0,41	-0,15	0,03
	0,99	14	4	71	-1,11	-0,12	-0,63
	1,30	10	6	61	1,01	0,14	0,13
	1,23	10	7	57	1,11	-0,13	0,13
	1,53	4	4	67	-0,60	-0,08	-0,23
	1,17	9	3	50	-0,21	0,01	-0,04
	1,37	1	3	62	-0,35	-0,02	-0,29
	0,65	7	4	51	-0,31	-0,30	0,05

suite à la page suivante

Domaine		AMPLEUR ET INTENSITÉ		
		Nombre d'articles, de 2005 à 2010	Part des publications du monde (%), de 2005 à 2010	IS, de 2005 à 2010
Domaine	Sous-domaine			
Sciences sociales (suite)	Droit	347	1,80	0,73
	Éducation	3 672	4,27	1,26
	Étude de genre	287	7,04	2,19
	Études de la famille	246	4,77	1,37
	Études des sciences	427	4,99	1,42
	Géographie	1 609	6,84	1,95
	Méthodes des sciences sociales	303	6,40	1,76
	Relations internationales	504	4,69	1,71
	Sciences de la culture	359	3,94	1,33
	Sciences politiques et administration publique	1 173	4,20	1,34
	Sociologie	711	5,15	1,60
Travail social	554	5,88	1,71	
Technologies de l'information et des communications	Architecture et matériel informatiques	1 055	4,15	1,09
	Génie logiciel	2 922	5,89	1,57
	Informatique distribuée	754	4,11	1,09
	Informatique médicale	1 193	8,06	2,21
	Intelligence artificielle et traitement de l'image	13 320	3,27	0,83
	Réseautique et télécommunications	16 205	4,91	1,31
	Systèmes informatiques	1 892	4,76	1,16
	Théorie du calcul informatique	3 188	7,03	1,58
Technologies habilitantes et stratégiques	Bio-informatique	1 817	4,84	1,12
	Biotechnologie	1 884	2,69	0,64
	Énergie	9 382	3,72	0,99
	Études stratégiques et de sécurité	1 792	4,14	1,11
	Matériaux	5 014	1,86	0,46
	Nanoscience et nanotechnologie	1 950	2,88	0,71
	Optoélectronique et photonique	5 057	3,01	0,77

	QUALITÉ ET IMPACT				ÉVOLUTION		
	MCR, de 2005 à 2010	Rang selon les MCR, de 2005 à 2010	Rang selon l'enquête internationale	Part des répondants à l'enquête canadienne qui qualifient la recherche de « Supérieure » (%)	Évolution de la part du Canada dans les publications mondiales (%)	Évolution de la MCR	Évolution de l'IS
	1,01	7	3	57	0,05	-0,18	0,04
	1,21	9	4	60	0,35	-0,12	0,05
	0,91	5	1	57	0,70	-0,15	0,16
	0,63	5	—	44	0,04	-0,13	-0,02
	0,89	13	9	46	0,24	0,19	0,02
	1,25	8	4	67	1,24	-0,10	0,39
	0,81	7	6	44	1,27	-0,31	0,50
	1,37	4	4	44	-0,16	0,41	0,12
	0,80	10	3	62	-0,43	-0,28	-0,14
	0,85	14	5	61	-0,39	0,05	-0,15
	0,75	9	5	35	1,20	-0,03	0,38
	1,03	5	1	49	1,50	-0,01	0,49
	1,28	4	5	35	0,00	0,29	0,01
	1,24	8	5	59	0,79	0,05	0,22
	0,81	15	2	31	0,32	-0,36	0,17
	1,33	2	4	50	2,21	0,03	0,65
	1,27	7	5	57	-0,78	-0,15	-0,20
	1,38	4	6	81	-0,90	0,36	-0,30
	1,38	3	3	52	0,60	-0,12	0,10
	1,17	8	3	57	-0,11	0,13	0,05
	0,94	13	5	40	0,45	0,05	0,10
	1,48	7	9	53	-0,13	0,13	-0,08
	1,44	7	4	66	0,35	-0,12	0,09
	0,86	16	—	15	-0,61	-0,23	-0,17
	1,53	5	9	59	-0,01	0,09	-0,01
	1,11	9	11	61	0,81	0,01	0,20
	1,45	4	11	67	0,51	0,03	0,10

Remarques : Les nombres indiqués en rouge sont fondés sur moins de 30 observations. IS = Indice de spécialisation; MCR = Moyenne des citations relatives; Rang selon les MCR = Rang du Canada selon les MCR de 2005 à 2010 (voir la définition complète de ces indicateurs au chapitre 4). Les autres données sont tirées de l'enquête auprès des chercheurs les plus cités au monde et de l'enquête auprès d'experts canadiens de la S-T (voir le chapitre 5). Les données d'évolution fournissent une comparaison de la période 2005-2010 par rapport à 1999-2004.

11

Conclusions

- L'état de la S-T au Canada
- Points forts du Canada en S-T
- Répartition régionale des atouts en S-T
- Domaines d'amélioration et de déclin en S-T
- Domaines en émergence
- Pour aller plus loin

11 Conclusions

Ce dernier chapitre a pour but de répondre à la question principale et aux deux sous-questions qui constituent le mandat du comité. Les réponses sont fondées sur les données probantes et les analyses présentées aux chapitres 4 à 10. De l'avis du comité, ce sont les réponses les plus exactes que les outils d'évaluation et données disponibles permettent d'obtenir.

11.1 L'ÉTAT DE LA S-T AU CANADA

Quel est l'état actuel de la science et de la technologie au Canada?

La majorité des données montrent que la S-T canadienne, telle qu'on l'entend dans le cadre de cette évaluation, est en bonne santé et en progression, tant sur le plan quantitatif que pour ce qui est de son impact. Avec moins de 0,5 % de la population mondiale, le Canada produit 4,1 % des articles scientifiques du monde — au septième rang mondial — et près de 5 % des articles les plus souvent cités — au sixième rang mondial. De 2005 à 2010, le Canada a produit 59 % de plus d'articles que de 1999 à 2004, et il a été le seul pays du G7 à connaître une augmentation supérieure à la moyenne mondiale de 54 %.

L'impact global de la S-T canadienne, mesuré par la moyenne des citations relatives (MCR), qui est passée de 1,27 à 1,36 au cours de la même période, est également impressionnant. Le Canada vient au sixième rang mondial pour sa MCR générale. Pour ce qui est des MCR par domaine, le Canada est l'un des 5 premiers pays au monde dans 7 domaines de recherche sur 22, et l'un des 10 premiers dans 14 autres domaines.

Ces mesures bibliométriques contribuent sans aucun doute à une haute opinion internationale sur la qualité et la rigueur de la S-T canadienne. Parmi les auteurs des articles scientifiques les plus cités, 37 % placent le Canada dans les cinq premiers pays au monde, lui accordant globalement le quatrième rang, derrière seulement les États-Unis, le Royaume-Uni et l'Allemagne. Dans leurs domaines respectifs, 68 % de ces auteurs estiment que la recherche canadienne est forte par comparaison au reste du monde. Un grand nombre de ces chercheurs les plus cités ont aussi mentionné des installations et programmes de recherche canadiens parmi les plus importants au monde. Les experts canadiens de la S-T ont également qualifié de supérieure la force de la S-T au Canada, mais la moitié des participants à l'enquête estiment que le Canada a perdu du terrain au cours des cinq dernières années.

Le Canada appartient à un réseau de collaboration internationale en matière de S-T qui comprend les pays les plus avancés sur le plan scientifique. Le Canada est neuvième au monde pour le nombre de diplômés au niveau du doctorat,

et la S-T canadienne attire des chercheurs de grande qualité de l'étranger, de telle sorte que depuis une décennie, il y a eu un flux migratoire net de chercheurs vers le Canada. La circulation internationale de personnel hautement qualifié a eu des conséquences globalement neutres sur la qualité de la recherche canadienne, selon la MCR des chercheurs qui sont venus au pays et de ceux qui en sont partis.

Contrairement à son rendement élevé dans la production de connaissances, le pays est plus faible en ce qui concerne les brevets. Cependant, malgré le petit nombre de brevets, le Canada excelle dans les comparaisons internationales en matière de qualité, se classant deuxième au monde, derrière les États-Unis, pour les citations de brevets (MCR). L'analyse des facteurs qui expliquent cet écart de longue date entre la production de connaissances et le développement technologique au Canada déborde le cadre de cette évaluation, mais elle a fait l'objet de plusieurs études récentes (CAC, 2009; CSTI, 2011; Industrie Canada, 2011b).

11.2 POINTS FORTS DU CANADA EN S-T

En considérant les domaines de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée, quelles sont les disciplines scientifiques et les applications technologiques dans lesquelles le Canada excelle? Comment ces atouts évoluent-ils par rapport à ce qui se passe dans des pays comparables?

Comme le montre l'ensemble de ce rapport, chaque méthode d'évaluation de la S-T a ses avantages et ses limites, et aucun indicateur ne permet d'évaluer pleinement à lui seul la S-T dans tous les domaines. Le chapitre 10 donne une synthèse à plusieurs facettes décrivant chaque domaine de recherche et les sous-domaines où le Canada est un chef de file mondial.

Comme aucune mesure ne permet à elle seule de reconnaître l'excellence, différents domaines émergent comme points forts selon la pondération accordée à chaque facette de l'étude. Le comité d'experts a établi que deux indicateurs de qualité, à savoir le rang du Canada dans un domaine pour ce qui est de la MCR ainsi que son rang dans l'enquête internationale, sont les plus pertinents pour déterminer la place du Canada dans un domaine par comparaison à d'autres pays avancés. Selon ces indicateurs de qualité, le comité a établi que le Canada excelle dans les six domaines de recherche suivants (par ordre alphabétique) :

- arts visuels et arts de la scène;
- étude de l'histoire;
- médecine clinique⁴²;

42 Comme on l'a fait remarquer à la section 2.1, certains domaines de recherche tels qu'ils sont définis dans cette étude (en particulier la médecine clinique et l'étude de l'histoire) ont une portée plus vaste que ce que l'on entend communément dans les disciplines universitaires, les départements et les organismes subventionnaires.

- physique et astronomie;
- psychologie et sciences cognitives;
- technologies de l'information et des communications (TIC).

Les indices de citation (MCR) placent le Canada parmi les cinq premiers pays au monde dans cinq de ces six domaines. Le Canada figure également parmi les cinq premiers pays au monde dans cinq de ces six domaines selon les chercheurs de premier plan qui ont participé à l'enquête internationale (voir la figure 11.1). Trois de ces domaines (médecine clinique, physique et astronomie, TIC) font partie des cinq principaux domaines de recherche du pays pour ce qui est du nombre d'articles scientifiques publiés, et le domaine des TIC compte pour 44 % des brevets du Canada. Nonobstant le défi que représente l'évaluation des points forts de la recherche en sciences humaines et en arts (voir la section 2.4), trois des domaines ci-dessus (étude de l'histoire, psychologie et sciences cognitives, arts visuels et

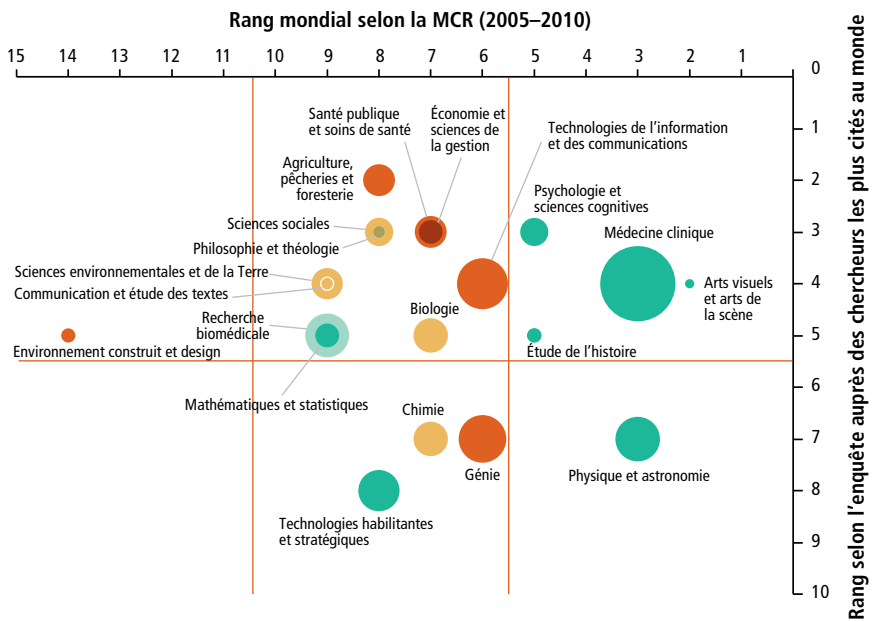


Figure 11.1

Rang selon l'enquête internationale et rang selon les MCR

Cette figure montre, sur l'axe des x, le rang mondial du Canada dans les divers domaines selon la moyenne des citations relatives (MCR) de 2005 à 2010 et, sur l'axe des y, le rang de la recherche canadienne selon l'enquête auprès des chercheurs les plus cités au monde. La taille des cercles est proportionnelle au nombre d'articles produits de 2005 à 2010. La couleur des cercles indique si la part du Canada dans les articles publiés dans le monde a augmenté (vert), a diminué (rouge) ou est restée à peu près la même (augmentation ou diminution de moins de 0,2 %, en jaune) dans chaque domaine par rapport à la période 1999-2004. Le rang selon la MCR est le rang parmi les 19 premiers pays pour le nombre d'articles produits dans chaque domaine.

arts de la scène) sont inclus, en partie sinon entièrement, dans ces disciplines. Ensemble, les six domaines ci-dessus témoignent de l'étendue de l'excellence de la recherche canadienne.

L'analyse des sous-domaines permet de faire beaucoup de nuances quant aux atouts du Canada en S-T. Au chapitre 10, on donne pour chaque domaine les sous-domaines qui constituent les points forts du Canada. Dans les neuf sous-domaines qui suivent (les domaines auxquels ils appartiennent sont indiqués entre parenthèses), le Canada est premier au monde pour ce qui est de l'impact scientifique établi par bibliométrie (MCR) :

- administration et gestion (économie et sciences de la gestion);
- anatomie et morphologie (recherche biomédicale);
- astronomie et astrophysique (physique et astronomie);
- criminologie (sciences sociales);
- dermatologie et maladies vénériennes (médecine clinique);
- lettres classiques (étude de l'histoire);
- médecine générale et interne (médecine clinique);
- physique des particules et nucléaire (physique et astronomie);
- zoologie (biologie).

Quatre de ces sous-domaines (administration et gestion, anatomie et morphologie, criminologie, zoologie) ne font pas partie des six domaines énumérés plus haut.

Les données relatives aux points forts dans les applications technologiques sont moins exhaustives, mais il est à noter que les brevets canadiens dans les domaines des TIC, des produits chimiques et de l'agroalimentaire ont un impact plus grand que la moyenne mondiale.

11.3 RÉPARTITION RÉGIONALE DES ATOUTS EN S-T

Comment ces atouts sont-ils géographiquement répartis dans le pays?

L'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta sont les moteurs de la S-T canadienne. Ils totalisent 97 % des articles scientifiques produits au Canada, contre 86 % de sa population. L'Ontario représente 46 % de la production bibliométrique du Canada, ce qui correspond à sa part de 45 % des dépenses intérieures brutes en R-D (DIRD) effectuées au Canada. La Colombie-Britannique arrive en tête des provinces pour ce qui est de l'impact mesuré par la MCR.

La répartition géographique des six domaines qui constituent des atouts du Canada est difficile à déterminer avec précision, à cause de la moins grande fiabilité des données régionales et de l'ampleur très différente des activités de recherche dans les diverses provinces. Les données les plus fiables qui soient indépendantes de la taille des provinces sont leur MCR. Selon cet indicateur, les principales provinces dans chaque domaine sont les suivantes :

- arts visuels et arts de la scène : Québec;
- étude de l'histoire : Nouveau-Brunswick, Ontario, Colombie-Britannique;
- médecine clinique : Ontario, Québec, Colombie-Britannique, Alberta;
- physique et astronomie : Colombie-Britannique, Alberta, Ontario, Québec;
- psychologie et sciences cognitives : Colombie-Britannique, Nouvelle-Écosse, Ontario;
- TIC : Colombie-Britannique, Ontario.

11.4 DOMAINES D'AMÉLIORATION ET DE DÉCLIN EN S-T

Dans quelles disciplines scientifiques et applications technologiques le Canada a-t-il connu les plus grands progrès ou le plus important déclin au cours des cinq dernières années? Quelles tendances principales sont ressorties?

Lorsque l'on compare ces résultats avec le rapport de 2006 sur l'état de la S-T, certains changements apparents peuvent venir, du moins en partie, des différences liées aux bases de données bibliométriques et aux systèmes de classification. Pour atténuer l'effet de ces différences, on a établi la correspondance entre les quatre domaines cités dans le rapport de 2006 comme des atouts du Canada (ressources naturelles, sciences de la santé et de la vie, technologies de l'information et des communications, S-T de l'environnement) et le système de classification utilisé dans la présente évaluation. L'évolution dans ces domaines est illustrée par les MCR énumérées dans le tableau 11.1. Dans deux des domaines en question, la santé et les TIC, l'impact de la recherche canadienne a continué d'augmenter. De fait, ces deux domaines, qui correspondent en partie à la médecine clinique et aux TIC en 2012, continuent de faire partie des points forts du Canada mentionnés à la section 11.2. Par contre, les deux autres domaines cités en 2006 comme des atouts du Canada, à savoir les ressources naturelles et les S-T de l'environnement, ont décliné depuis 2006, non seulement d'après les MCR, mais aussi selon la part canadienne des articles publiés dans le monde et par une proportion plus grande d'experts canadiens de la S-T qui estiment que le Canada prend du retard.

Tableau 11.1

Moyenne des citations relatives de la recherche dans quatre domaines mentionnés comme points forts dans le rapport de 2006 sur l'état de la S-T

Points forts en 2006	Domaines (en gras) et sous-domaines correspondants dans la classification actuelle	MCR, de 2005 à 2010	MCR, de 1999 à 2004
Ressources naturelles	Agriculture, pêcheries et foresterie	1,25	1,25
	Génie minier et métallurgique	1,84	2,03
	Énergie	1,44	1,56
	Géochimie et géophysique	1,21	1,36
	Géologie	0,99	1,11
	Génie géologique et géomatique	1,38	1,52
Santé	Recherche biomédicale	1,18	1,11
	Médecine clinique	1,59	1,49
	Santé publique et soins de santé	1,24	1,17
TIC	Technologies de l'information et des communications	1,30	1,17
S-T de l'environnement	Sciences environnementales	1,53	1,61
	Génie de l'environnement	1,17	1,26
	Biologie	1,34	1,18

Remarque : Les domaines, notés en gras, comprennent tous leurs sous-domaines (p. ex. le sous-domaine des pêcheries est inclus dans le domaine de l'Agriculture, des pêcheries et de la foresterie).

Le tableau 10.2 montre les données de tous les sous-domaines.

Le fait que les ressources naturelles et les S-T de l'environnement ne sont pas citées comme des points forts du Canada dans le présent rapport ne signifie pas qu'elles soient devenues des points faibles. Elles demeurent particulièrement fortes de par leur réputation internationale (le Canada est classé deuxième au monde dans le domaine de l'agriculture, des pêcheries et de la foresterie par les chercheurs les plus cités, soit plus haut que tout autre domaine) et le volume de publication. Il y a en outre de grandes variations à l'intérieur de chaque domaine. Par exemple, dans le domaine des S-T de l'environnement, le Canada a perdu du terrain en sciences environnementales et en génie environnemental, mais il a beaucoup progressé en biologie. Les déclinés observés sont par rapport à la moyenne mondiale : le Canada fait des gains dans ces domaines, mais pas autant que le reste du monde. Presque tous les pays avancés ont des priorités en S-T liées aux ressources naturelles et à l'environnement (voir l'appendice 9), et cette intense concurrence mondiale explique probablement ces déclinés relatifs.

En plus des domaines de la médecine clinique, des TIC et de la biologie, le comité d'experts conclut que le Canada a connu de réelles améliorations dans les domaines suivants : physique et astronomie; psychologie et sciences cognitives; santé publique et soins de santé; arts visuels et arts de la scène.

11.5 DOMAINES EN ÉMERGENCE

Quelles disciplines scientifiques et applications technologiques pourraient devenir des atouts de premier plan pour le Canada?

Même si des méthodes solides d'identification de domaines émergents de la S-T en sont encore à leurs premiers balbutiements, le comité a fait appel à de nouvelles techniques bibliométriques pour reconnaître des grappes de recherche et mesurer leur taux de croissance. Les grappes de recherche nouvelles et en croissance rapide au Canada sont identifiées par des mots-clés liés notamment aux domaines suivants :

- technologies et réseaux sans fil;
- traitement de l'information et calcul;
- nanotechnologies et nanotubes de carbone;
- technologies des médias numériques.

L'enquête auprès d'experts canadiens de la S-T a révélé que le Canada est bien placé pour devenir un chef de file mondial en matière de développement et d'applications dans les domaines suivants : médecine et soins de santé personnalisés; plusieurs technologies liées à l'énergie; génie tissulaire; médias numériques.

11.6 POUR ALLER PLUS LOIN

Ce rapport décrit sous plusieurs aspects l'état de la S-T au Canada. Les conclusions du comité reposent sur son interprétation des données probantes présentées aux chapitres 4 à 9. Le comité fait en outre les observations suivantes :

- Les conclusions de ce rapport reposent sur les meilleures données disponibles, mais compte tenu de la masse de données, des analyses supplémentaires sont possibles, en particulier à l'échelle des sous-domaines. On encourage donc le lecteur à consulter les données fournies dans le rapport et les appendices (accessibles en ligne) pour obtenir des renseignements plus approfondis dans des domaines particuliers.
- Le comité espère que ce rapport suscitera d'autres discussions sur la manière d'effectuer des évaluations macroscopiques dans les domaines des sciences humaines et des arts, ainsi que sur la façon de recueillir les données nécessaires à de telles évaluations. Le comité a fait de réels efforts pour analyser le volume et l'impact

- des livres, chapitres de livre, expositions, communications et autres résultats dans ces domaines, mais il n'y est pas parvenu à cause du manque de données exhaustives au Canada et ailleurs dans le monde. Avec les moyens informatiques modernes, il devrait être possible de mettre sur pied de telles bases de données.
- Le comité a noté les nombreux changements survenus dans la S-T canadienne depuis le premier rapport du CAC paru en 2006. Le présent rapport donne un portrait pris à un autre moment d'un milieu dynamique, en évolution rapide et caractérisé par une forte concurrence. Par conséquent, l'évaluation de la S-T au Canada est une tâche sans cesse à renouveler, que le CAC a eu le privilège d'accomplir à deux occasions. Il espère pouvoir effectuer à nouveau ce travail dans cinq ans, en mettant à profit de nouvelles avancées technologiques et méthodologiques.

Encadré 11.1

Autres sujets d'étude à propos de l'état de la S-T au Canada

On peut imaginer de nombreuses autres avenues pour étudier plus à fond l'état de la S-T. En voici quelques-unes :

- Étant donné les limites de la bibliométrie fondée sur des domaines, de nouvelles méthodes, telles que l'analyse de grappes de recherche utilisée au chapitre 6, sont très prometteuses pour l'avenir. Même si elles en sont encore à leurs premiers balbutiements, ces techniques pourraient permettre à terme de mieux refléter la structure réelle de la S-T, sans les contraintes de systèmes de classification imposés *a priori*.
- L'absence de bases de données bibliométriques sur les livres, comme celles que l'on possède pour les revues spécialisées, est une lacune importante qui nuit à une évaluation complète de la production et de l'impact de la recherche en S-T.
- Cela ne faisait pas partie du mandat du comité, mais une analyse bibliométrique permettrait probablement de savoir si la création de réseaux, instituts ou consortiums officiels a pour effet d'augmenter la production et l'impact de la recherche en S-T.
- Les données sur les brevets constituent une mesure incomplète de la production de recherche appliquée dans le secteur de l'enseignement supérieur. Il manque des outils de mesure comparables à l'échelle internationale dans le secteur de la recherche appliquée.
- D'autres études permettraient de déterminer si l'attrait de programmes précis de doctorat pour les étudiants étrangers est lié aux résultats et à l'impact de ces programmes, ou si cela dépend principalement d'autres facteurs.

Références

Références

- Académie finlandaise, 2009 – Academy of Finland. *The State and Quality of Scientific Research in Finland*, Helsinki, Finlande.
- ACCC, 2011 – Association des collèges communautaires du Canada. *L'innovation : la voie de la productivité – La recherche appliquée au sein des collèges et des instituts du Canada*, Ottawa (Ontario), Association des collèges communautaires du Canada.
- ACPP, 2012 – Association canadienne des producteurs pétroliers. *Upstream Dialogue: The Facts on Oil Sands*, Ottawa (Ontario), Association canadienne des producteurs pétroliers.
- ACSS, 2009 – Académie canadienne des sciences de la santé. *Créer un impact : Les indicateurs et approches à privilégier pour mesurer le rendement des investissements consentis en recherche en santé*, Ottawa (Ontario), Académie canadienne des sciences de la santé.
- Alexopoulos et Cohen, 2010 – Alexopoulos, M., et J. Cohen. *Volumes of Evidence — Examining Technical Change Last Century Through a New Lens*, Document de travail n° 392, Toronto (Ontario), Département d'économie, Université de Toronto.
- ARC, 2010 – Australian Research Council. *The Excellence in Research for Australia (ERA) Initiative*. Adresse URL : www.arc.gov.au/era/default.htm (dernier accès le 2012-06-27).
- Archambault et al., 2006 – Archambault, É., E. Vignola-Gagné, G. Côté, V. Larivière et Y. Gingras. « Benchmarking scientific output in the social sciences and humanities: The limits of existing databases », *Scientometrics*, vol. 68, n° 3, p. 329-342.
- Archambault et al., 2007 – Archambault, É., F. Bertrand, M. Bourgeois et J. Caruso. *Évaluation formative du programme de subventions de recherche-crédation en arts et lettres du CRSH – Rapport final*, Montréal (Québec), Science-Metrix.
- Archambault et al., 2011 – Archambault, É., O. Beauchesne et J. Caruso. *Towards a Multilingual, Comprehensive and Open Scientific Journal Ontology*, communication présentée au 13^e congrès international de scientométrie et d'infométrie, Durban, Afrique du Sud.
- Archambault et Gingras, 2004 – Archambault, É., et Y. Gingras. « Opinion Leader: The Decline of Canadian Science », *Research Money*, vol. 18, n° 14.
- ArcticNet, 2011 – ArcticNet. *Travailler ensemble à l'étude de l'Arctique canadien de demain*, rapport annuel 2010–2011, Québec (Québec), ArcticNet inc. Adresse URL : www.arcticnet.ulaval.ca/pdf/media/AR2011.pdf (dernier accès le 2012-06-27).
- AUTM, 2010 – Association of University Technology Managers. *AUTM Canadian Licensing Activity Survey FY2009*, Deerfield (Illinois), Association of University Technology Managers.

- Banque mondiale, 2012 – La Banque mondiale. *Indicateurs du développement dans le monde*. Adresse URL : <http://donnees.banquemondiale.org/indicateur> (dernier accès le 2012-06-28).
- Battelle, 2010 – Battelle Institute. « 2011 Global R&D Funding Forecast », *R&D Magazine*.
- BIS, 2011 – Department of Business Innovation and Skills. *International Comparative Performance of the UK Research Base*, Londres, Royaume-Uni, Department of Business Innovation and Skills.
- Butler, 2007 – Butler, L. « Assessing university research: A plea for a balanced approach », *Science and Public Policy*, vol. 34, n° 8, p. 565-574.
- CAC, 2006 – Conseil des académies canadiennes. *L'état de la science et de la technologie au Canada*, Ottawa (Ontario), Comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie au Canada.
- CAC, 2009 – Conseil des académies canadiennes. *Innovation et stratégies d'entreprise : pourquoi le Canada n'est pas à la hauteur*, Ottawa (Ontario), Comité d'experts sur l'innovation dans les entreprises.
- CAC, 2012 – Conseil des académies canadiennes. *Éclairer les choix en matière de recherche : Indicateurs et décisions*, Ottawa (Ontario), Comité d'experts sur le rendement scientifique et le financement de la recherche.
- CIA, 2012 – Central Intelligence Agency. *The World Factbook: Oil — Proved Reserves*. Adresse URL : <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2178rank.html> (dernier accès le 2012-06-28).
- CIC, 2011 – Conseil international du Canada. *Rights and Rents: Why Canada Must Harness its Intellectual Property Resources*, Toronto (Ontario), Conseil international du Canada.
- Commission européenne, 2011 – Commission européenne. *Research & Innovation FP7*. Adresse URL : http://ec.europa.eu/research/fp7/index_en.cfm?pg=budget (dernier accès le 2012-06-28).
- Commission européenne, 2012 – Commission européenne. *Le 7^e PC en bref*. Adresse URL : http://ec.europa.eu/research/fp7/pdf/fp7-inbrief_fr.pdf (dernier accès le 2012-06-28).
- Conference Board du Canada, 2008 – Conference Board du Canada. *Valoriser notre culture : Mesurer et comprendre l'économie créative du Canada*, Ottawa (Ontario).
- CRSH, 2011 – Conseil de recherches en sciences humaines du Canada. *Évaluation par les pairs*. Adresse URL : http://www.sshrc-crsh.gc.ca/funding-financement/peer_review-evaluation_pairs/index-fra.aspx? (dernier accès le 2012-06-28).
- CSTI, 2009 – Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation. *L'état des lieux en 2008 : Le système des sciences, de la technologie et de l'innovation au Canada*, Ottawa (Ontario), Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation.

- CSTI, 2011 – Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation. *De l'imagination à l'innovation : L'état des lieux en 2010 : Le système des sciences, de la technologie et de l'innovation au Canada*, Ottawa (Ontario), Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation.
- HEFCE, 2011 – Higher Education Funding Council of England. *REF2014: Research Excellence Framework*. Adresse URL : www.hefce.ac.uk/research/ref/ (dernier accès le 2012-06-28).
- Industrie Canada, 2007 – Industrie Canada. *Réaliser le potentiel des sciences et de la technologie au profit du Canada*, Ottawa (Ontario), Industrie Canada.
- Industrie Canada, 2011a – Industrie Canada. *Profil du secteur canadien des TIC*. Adresse URL : http://www.ic.gc.ca/eic/site/ict-tic.nsf/fra/h_it07229.html (dernier accès le 2012-06-28).
- Industrie Canada, 2011b – Industrie Canada. *Innovation Canada : Le pouvoir d'agir*, Ottawa (Ontario), Groupe d'experts sur l'examen du soutien fédéral de la recherche-développement.
- King, 2004 – King, D. A. « The scientific impact of nations », *Nature*, vol. 430, n° 6997, p. 311-316.
- Klavans et Boyack, 2010 – Klavans, R., et K. W. Boyack. « Toward an objective, reliable and accurate method for measuring research leadership », *Scientometrics*, vol. 82, n° 3, p. 539-553.
- Kostoff *et al.*, 2007 – Kostoff, R.N., R. Koytcheff et C.G.Y Lau. *Structure of the global nanoscience and nanotechnology research literature*, rapport technique n° ADA461930 du DTIC, Fort Belvoir, VA, Defense Technical Information Center.
- Kubikowski, 2011 – Kubikowski, T. *Inter}artes: Tapping into the Potential of Higher Arts Education in Europe*, Varsovie, Pologne, Ligue européenne des instituts des arts et Akademia Teatralna.
- Martin, 1996 – Martin, B. R. « The use of multiple indicators in the assessment of basic research », *Scientometrics*, vol. 36, n° 3, p. 343-362.
- Moed, 2005 – Moed, H. F. *Citation Analysis in Research Evaluation*, Dordrecht, Pays-Bas, Springer.
- NOWT, 2010 – Observatoire néerlandais des sciences et de la technologie. *Science and Technology Indicators 2010*, La Haye, Pays-Bas, Observatoire néerlandais des sciences et de la technologie.
- NRC, 1997 – National Research Council. *Industrial Research and Innovation Indicators: Report of a Workshop*, Washington (DC), Board on Science, Technology, and Economic Policy (STEP).
- NSB, 2012 – National Science Board. *Science and Engineering Indicators 2012*, Arlington (Virginie), Fondation nationale des sciences des États-Unis.
- OCDE, 2002 – Organisation de coopération et de développement économiques. *Manuel de Frascati : méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental*, 6^e édition, Paris, France, OCDE.

- OCDE, 2008 – Organisation de coopération et de développement économiques. *Compendium statistique sur les brevets*, Paris, France, OCDE.
- OCDE, 2009 – Organisation de coopération et de développement économiques. *Science, technologie et industrie : Tableau de bord de l'OCDE 2009*, Paris, France, OCDE.
- OCDE, 2010 – Organisation de coopération et de développement économiques. *Principaux indicateurs de la science et de la technologie*, statistiques de l'OCDE sur la science, la technologie et la R-D (base de données). Adresse URL : www.oecd.org/sti/pist (dernier accès le 2012-06-28).
- OCDE, 2011a – Organisation de coopération et de développement économiques. *Science, technologie et industrie : Tableau de bord de l'OCDE 2011 – L'innovation et la croissance dans les économies du savoir*, Paris, France, OCDE.
- OCDE, 2011b – Organisation de coopération et de développement économiques. *Regards sur l'éducation 2011 : Les indicateurs de l'OCDE*, Paris, France, OCDE.
- REPP, 2005 – Research Evaluation and Policy Project. *Quantitative Indicators for Research Assessment — A Literature Review*, Canberra, Australie, Université nationale d'Australie.
- Re\$earch Infosource, 2010 – Re\$earch Infosource inc. *Canada's Top 100 R&D Spenders 2010*, Ottawa (Ontario), Re\$earch Infosource inc.
- Société royale de Londres, 2011 – Royal Society. *Knowledge, Networks and Nations: Global Scientific Collaboration in the 21st Century*, Londres, Royaume-Uni, Société royale de Londres.
- Statistique Canada, 2010 – Statistique Canada. *Enquête sur la commercialisation de la propriété intellectuelle dans le secteur de l'enseignement supérieur, 2008*, Ottawa (Ontario), Statistique Canada.
- Statistique Canada, 2011a – Statistique Canada. *Système d'information sur le personnel d'enseignement dans les universités et les collèges (SPEUC)*. Adresse URL : http://www23.statcan.gc.ca:81/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=3101&lang=en&db=imdb&adm=8&dis=2 (dernier accès le 2012-06-28).
- Statistique Canada, 2011b – Statistique Canada. *Statistique des sciences : Personnel affecté à la recherche et développement, 1999 à 2008*, Ottawa (Ontario), Statistique Canada.
- Statistique Canada, 2011c – Statistique Canada. *Tabulation spéciale, fondée sur le Système d'information sur le personnel d'enseignement dans les universités et les collèges (SPEUC)*, Ottawa (Ontario), Statistique Canada.
- Statistique Canada, 2011d – Statistique Canada. *Tabulation spéciale, fondée sur le Système d'information sur les étudiants postsecondaires (SIEP)*, Ottawa (Ontario), Statistique Canada.

- Statistique Canada, 2011e – Statistique Canada. *Activités scientifiques fédérales*, Ottawa (Ontario), Statistique Canada.
- Statistique Canada, 2012a – Statistique Canada. *Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement au Canada et dans les provinces (DIRD)*, Ottawa (Ontario), Statistique Canada.
- Statistique Canada, 2012b – Statistique Canada. *Système d'information sur les étudiants postsecondaires (SIEP)*. Adresse URL : www23.statcan.gc.ca:81/imdb/p2SV.pl?Function=getSurvey&SDDS=5017&lang=fr&db=imdb&adm=8&dis=2 (dernier accès en avril 2012).
- Statistique Canada, 2012c – Statistique Canada. *Chiffres de population et des logements – Faits saillants en tableaux, Recensements de 2006 et de 2011*. Adresse URL : <http://www12.statcan.ca/census-recensement/2011/dp-pd/hlt-fst/pd-pl/Index-fra.cfm?Lang=Fra> (dernier accès le 2012-06-28).
- Statistique Canada, sans date – Statistique Canada. *Tableau 051-0001 – Estimations de la population, selon le groupe d'âge et le sexe au 1^{er} juillet, Canada, provinces et territoires, annuel (personnes sauf indication contraire)*, CANSIM (base de données). Adresse URL : <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26.jsessionid=5796EB28F1C2E0C592EF75F4B267FCB6?id=0510001&pattern=&p2=37&p1=-1&tabMode=dataTable&stByVal=2&paSer=&csid=&retrLang=fra&lang=fra> (dernier accès le 2012-06-28).
- Statistique Canada, sans date – Statistique Canada. *Tableau 358-0001 – Dépenses intérieures brutes en recherche et développement, selon le type de science et selon le secteur de financement et le secteur d'exécution*, CANSIM (base de données). Adresse URL : <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?id=3580001&pattern=&p2=37&p1=-1&tabMode=dataTable&stByVal=2&paSer=&csid=&retrLang=fra&lang=fra> (dernier accès le 2012-06-28).
- The Impact Group, 2010 – The Impact Group. *Knowledge Transfer Through Research Contracting*, Toronto (Ontario), The Impact Group.
- UNESCO, 2011 – Institut de statistique de l'UNESCO. *Statistiques sur les sciences et la technologie* (base de données). Adresse URL : <http://stats.uis.unesco.org/unesco/ReportFolders/ReportFolders.aspx> (dernier accès le 2012-06-28).

Évaluations du conseil des académies canadiennes

Les rapports d'évaluation ci-dessous peuvent être téléchargés depuis le site Web du CCA (www.science.pourlepublic.ca) :

- L'état de la science et de la technologie au Canada (2012)
- Éclairer les choix en matière de recherche : Indicateurs et décisions (2012)
- Nouvelles technologies et évaluation de la sécurité chimique (2012)
- Des animaux en santé, un Canada en santé (2011)
- La taxonomie canadienne : explorer la biodiversité, créer des possibilités (2010)
- Honnêteté, responsabilité et confiance : Promouvoir l'intégrité en recherche au Canada (2010)
- Meilleure recherche = Meilleur management (2009)
- La gestion durable des eaux souterraines au Canada (2009)
- Innovation et stratégies d'entreprise : pourquoi le Canada n'est pas à la hauteur (2009)
- Vision pour l'initiative canadienne de recherche dans l'Arctique – Évaluation des possibilités (2009)
- La production d'énergie à partir des hydrates de gaz – potentiel et défis pour le Canada (2008)
- Petit et différent : perspective scientifique sur les défis réglementaires du monde nanométrique (2008)
- La transmission du virus de la grippe et la contribution de l'équipement de protection respiratoire individuelle – Évaluation des données disponibles (2007)
- L'État de la science et de la technologie au Canada (2006)

Les évaluations suivantes font présentement l'objet de délibérations de comités d'experts :

- L'océanographie au Canada
- Les prix énergétiques – Incidences et adaptation : Évaluer l'état de préparation du Canada
- L'état des connaissances sur la sécurité alimentaire dans le Nord du Canada
- Harnacher la science et la technologie pour comprendre les incidences environnementales liées à l'extraction du gaz de schiste
- Incidences médicales et physiologiques de l'utilisation des armes à impulsions
- Incidences socio-économiques des investissements dans l'innovation
- L'avenir des modèles canadiens de maintien de l'ordre
- Écologiser le Canada : le potentiel que recèlent les applications nouvelles et novatrices des technologies de l'information et des communications (TIC)
- L'état de la recherche-développement industrielle au Canada
- Gestion durable de l'eau des terres agricoles du Canada
- Les produits thérapeutiques pour les enfants
- Les femmes dans la recherche universitaire

Conseil des gouverneurs du Conseil des académies canadiennes*

Elizabeth Parr-Johnston, C.M., présidente

Ancienne rectrice de l'Université du Nouveau-Brunswick et de l'Université Mount Saint Vincent (Chester Basin, N.-É.)

Henry Fiesen, C.C., MSRC, MACSS, vice-président

Professeur émérite distingué, Membre du Centre pour les progrès de la médecine, Faculté de médecine de l'Université du Manitoba (Winnipeg, Man.)

John Cairns, MACSS

Professeur de médecine, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

Marie D'lorio, MSRC

Directrice générale par intérim, Institut national de nanotechnologie (Edmonton, Alb.)

Richard Drouin, C.C.

Avocat, McCarthy Tétrault (Québec, Qc)

Claude Jean

Premier vice-président et directeur général, DALSA Semiconducteur (Bromont, Qc)

John Leggat, MACG

Expert-conseil associé, CFN Consultants (Ottawa, Ont.)

Tom Marrie, MACSS

Doyen de la Faculté de médecine, Université Dalhousie (Halifax, N.-É.)

Jeremy McNeil, MSRC

Professeur invité Helen-Battle, Département de biologie, Université Western (London, Ont.)

Axel Meisen, MACG

Président de Foresight, Alberta Innovates – Technology Futures (Edmonton, Alb.)

* Renseignements à jour en juin 2012.

Comité consultatif scientifique du Conseil des académies canadiennes*

Tom Bruzustowski, O.C., MSRC, MACG, président

Professeur, titulaire de la chaire RBC Groupe financier en commercialisation de l'innovation, École de gestion Telfer, Université d'Ottawa (Ottawa, Ont.)

Susan A. McDaniel, MSRC, vice-présidente

Professeure de sociologie, titulaire de la chaire de recherche Prentice en démographie et économie mondiales, Université de Lethbridge (Lethbridge, Alb.)

Michel G. Bergeron, C.M., O.Q., MACSS

Professeur et directeur du Département de microbiologie et du Centre de recherche en infectiologie Université Laval (Québec, Qc)

Murray Campbell

Cadre supérieur du programme de recherche en analytique des affaires, Centre de recherche T.J.-Watson d'IBM (Yorktown Heights, NY)

Margaret Conrad, O.C., MSRC

Professeure émérite et professeure honoraire de recherche, Université du Nouveau-Brunswick (Fredericton, N.-B.)

Marcel Côté

Associé fondateur, SECOR inc. (Montréal, Qc)

Jean Gray, C.M., MACSS

Professeure émérite de médecine, Université Dalhousie (Halifax, N.-É.)

Judith Hall, O.C., MSRC, MACSS

Professeure de pédiatrie et de génétique médicales, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

John Hepburn, MSRC

Vice-recteur à la recherche et aux affaires internationales, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

* Renseignements à jour en juin 2012.

Daniel Krewski

Professeur d'épidémiologie et de médecine communautaire et directeur scientifique, Centre R. Samuel McLaughlin d'évaluation du risque pour la santé des populations, Université d'Ottawa (Ottawa, Ont.)

Norbert R. Morgentern, C.M., MSRC, MACG

Professeur émérite en génie civil, Université de l'Alberta (Edmonton, Alb.)

John P. Smol, MSRC

Codirecteur du laboratoire PEARL d'évaluation et de recherches paléo-écologiques en environnement Université Queen's (Kingston, Ont.)

Robert Watson

Conseiller scientifique en chef au ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales (Londres, Royaume-Uni)

Joseph D. Wright, MACG

Ancien président-directeur général, Institut canadien de recherche sur les pâtes et papiers (Gibsons, C.-B.)



Council of Canadian Academies
Conseil des académies canadiennes

Conseil des académies canadiennes
180 rue Elgin, bureau 1401
Ottawa (Ontario) K2P 2K3
Tél: 613-567-5000
www.sciencepourlepublic.ca