Rivaliser dans une économie mondiale axée sur l'innovation : L'état de la R-D au Canada

Comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie et de la recherche-développement industrielle au Canada

Council of Canadian Academies
Conseil des académies canadiennes

Le savoir au service du public

RIVALISER DANS UNE ÉCONOMIE MONDIALE AXÉE SUR L'INNOVATION : L'ÉTAT DE LA R-D AU CANADA

Comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie et de la recherche-développement industrielle 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 d'admisnistration du Conseil des académies canadiennes (CAC). Les membres du conseil d'administration 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 responsables du rapport ont été choisis par le CAC en raison de leurs compétences spécifiques et dans le but d'obtenir un éventail équilibré de points de vue.

Ce rapport a été préparé pour le Gouvernement du Canada en réponse à une demande soumise par le ministre des Sciences. Les opinions, constatations et conclusions présentées dans cette publication sont celles des auteurs, à savoir le comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie et de la recherche-développement industrielle au Canada, et ne reflètent pas nécessairement les points de vue des organisations où ils travaillent, ou auxquelles ils sont affiliés, ou de l'organisme commanditaire, Innovation, Sciences et Développement économique Canada.

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada
Conseil des académies canadiennes. Comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie et de la recherche-développement industrielle au Canada, auteur
Rivaliser dans une économie mondiale axée sur l'innovation : l'état de la R-D au Canada / Le Comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie et de la recherche-développement industrielle au Canada.
Publié aussi en anglais sous le titre: Competing in a global innovation economy.
Comprend des références bibliographiques.
Publié en formats imprimé(s) et électronique(s).
ISBN 978-1-926522-40-1 (couverture souple).–ISBN 978-1-926522-41-8 (PDF)
1. Recherche industrielle–Canada. 2. Recherche–Aspect économique–Canada. 3. Innovations–Aspect économique–Canada. 4. Concurrence–Canada. I. Conseil des académies canadiennes, organisme de publication II. Titre.
T177.C2C6814 2018 338.971 C2018-901588-8
C2018-901589-6

Le rapport peut être cité comme suit :
Conseil des académies canadiennes, 2018. *Rivaliser dans une économie mondiale axée sur l'innovation : L'état de la R-D au Canada.* Ottawa (ON): Comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie et de la recherche-développement industrielle au Canada, Conseil des académies canadiennes.

Avis de non-responsabilité : Au meilleur de la connaissance du CAC, 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 ou de frais d'accès, et l'emplacement des éléments d'information peut changer lorsque les menus et les pages Web sont modifiés.

© 2018 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 gouvernment du Canada

Le Conseil des académies canadiennes

Le Conseil des académies canadiennes (CAC) est un organisme indépendant à but non lucratif qui soutient des évaluations spécialisées indépendantes, étayées scientifiquement et faisant autorité, qui alimentent l'élaboration de politiques publiques au Canada. Dirigé par un conseil d'administration et conseillé par un comité consultatif scientifique, le CAC a pour champ d'action la *science* au sens large, ce qui englobe les sciences naturelles, les sciences humaines et sociales, les sciences de la santé, le génie et les lettres. Les évaluations du CAC sont effectuées par des comités pluridisciplinaires indépendants d'experts provenant du Canada et de l'étranger. Ces évaluations visent à cerner des problèmes nouveaux, des lacunes de nos connaissances, les atouts du Canada, ainsi que les tendances et les pratiques internationales. 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.

Tous les rapports d'évaluation du CAC sont soumis à un examen formel. Ils sont publiés en français et en anglais, et mis à la disposition du public sans frais. Des fondations, des organisations non gouvernementales, le secteur privé et tout palier de gouvernement peuvent soumettre au CAC des questions susceptibles de faire l'objet d'une évaluation. Le CAC bénéficie aussi du soutien de ses trois académies membres fondatrices :

La Société royale du Canada (SRC)

Fondée en 1882, la Société royale du Canada comprend des académies des arts, des lettres et des sciences, ainsi que le tout premier organisme canadien de reconnaissance multidisciplinaire destiné à la nouvelle génération d'intellectuels canadiens, le Collège de nouveaux chercheurs et créateurs en art et en science. La SRC a pour mission de reconnaître l'excellence dans le savoir, la recherche et les arts, de conseiller les gouvernements et les organismes ainsi que de promouvoir une culture du savoir et de l'innovation au Canada et en partenariat avec d'autres académies nationales dans le monde.

L'Académie canadienne du génie (ACG)

L'Académie canadienne du génie 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 Fellows de l'ACG sont nommés et élus par leurs pairs en reconnaissance de leurs réalisations exceptionnelles et de leurs longs états de service au sein

de la profession d'ingénieur. Au nombre d'environ 600, les Fellows de l'ACG s'engagent à faire en sorte que les connaissances expertes en génie du Canada soient appliquées pour le plus grand bien de tous les Canadiens.

L'Académie canadienne des sciences de la santé (ACSS)
L'ACSS souligne l'excellence en sciences de la santé en nommant des membres reconnus pour leurs réalisations exceptionnelles en sciences de la santé au Canada et pour leur volonté de servir le public canadien. L'Académie produit des évaluations pertinentes, étayées et impartiales et recommande des solutions stratégiques et pratiques au regard de questions touchant la santé des Canadiens. Fondée en 2004, l'ACSS compte aujourd'hui 607 membres et nomme de nouveaux membres chaque année. L'organisme est dirigé par un conseil des gouverneurs, dont les membres sont bénévoles, et un conseil de direction.

www.sciencepourlepublic.ca
@scienceadvice

Comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie et de la recherche-développement industrielle au Canada

Guidé par son comité consultatif scientifique, son conseil d'administration et ses académies membres, le CAC a constitué le comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie et de la recherche-développement industrielle au Canada pour entreprendre ce projet. Chacun de ces spécialistes a été choisi pour son expertise, son expérience et son leadership éprouvé dans des domaines pertinents pour ce projet.

Max Blouw (président), ancien recteur et vice-chancelier, Université Wilfrid Laurier (Waterloo, Ont.)

Luis Barreto, président, Dr. Luis Barreto & Associates, et conseiller spécial, NÉOMED-LABS (Concord, Ont.)

Catherine Beaudry, professeure et titulaire de la Chaire de recherche du Canada de niveau 1 en création, développement et commercialisation de l'innovation, Département de mathématiques et de génie industriel, Polytechnique Montréal (Montréal, Qc)

Donald Brooks, MACSS, professeur de pathologie et médecine de laboratoire et de chimie, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

Madeleine Jean, vice-présidente, Opérations et développement des affaires, Prompt (Montréal, Qc)

Philip Jessop, MSRC, professeur de chimie minérale et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en chimie verte, Département de chimie, Université Queen's; directeur technique, GreenCentre Canada (Kingston, Ont.)

Claude Lajeunesse, FACG, directeur de la société et président du conseil d'administration, Énergie atomique du Canada limitée (Magog, Qc)

Steve Liang, professeur agrégé, génie géomatique, Université de Calgary; directeur, laboratoire GeoSensorWeb; président-directeur général, SensorUp Inc. (Calgary, Alb.)

Robert Luke, vice-président, Recherche et innovation; professeur agrégé, Faculté des lettres et des Sciences et École d'études interdisciplinaires, Université OCAD (Toronto, Ont.)

Douglas Peers, professeur et doyen des arts, Département d'histoire, Université de Waterloo (Waterloo, Ont.)

John M. Thompson, O.C., FACG, ancien premier vice-président, IBM Corporation (Toronto, Ont.)

Anne Whitelaw, doyenne associée, Planification et positionnement; professeure agrégée, Département d'histoire de l'art, Université Concordia (Montréal, Qc)

David A. Wolfe, professeur, sciences politiques, et codirecteur, Laboratoire de politiques d'innovation, École Munk des affaires internationales, Université de Toronto (Toronto, Ont.)

Message du président du comité d'experts

Le Canada souhaite depuis longtemps accroître sa prospérité en devenant un pays plus innovant, mais il n'est pas le seul à avoir cette aspiration. Évoluant dans une économie mondiale en rapide croissance, le Canada est engagé dans une course internationale intense pour favoriser la prochaine vague de progrès et d'innovation. Sa baisse au classement au Bloomberg Innovation Index en 2018 est la plus récente preuve de l'intensité de cette compétition et du recul que le Canada y enregistre. Pourtant, en raison des vastes bassins de chercheurs de talent et des moyens considérables de R-D dont il dispose, je pense qu'il peut faire partie des meneurs de cette course. Mais prendre la tête du peloton nécessitera des mesures concertées et soutenues reposant sur une évaluation soigneuse des bases de l'innovation et de la création de richesse au pays.

Ce comité d'experts a été chargé d'évaluer les données probantes sur les fondements de l'innovation, et notamment les récents résultats du Canada en recherche fondamentale, en recherche et développement appliquée et en R-D dirigée par les entreprises, ainsi que les répercussions de ces activités de recherche sur la création de richesse et la prospérité par l'intermédiaire de l'innovation. Soyons clairs : l'innovation n'exige pas la recherche. Il existe de nombreuses firmes et individus qui innovent sans posséder de programme de recherche formel. Cependant, les pays investissent de plus en plus dans la R-D parce que c'est grâce à elle que de nouvelles idées sont sérieusement et résolument développées. Plus important, c'est aussi par l'entremise de la R-D que des gens talentueux sont formés et améliorent leurs compétences en étude et en résolution de problème afin de faire reculer les limites de nos connaissances et de ce que nous sommes en mesure de créer. Libérer le potentiel du personnel hautement qualifié pour créer de nouvelles idées et les transformer en produits, en procédés, en organisations et en systèmes est le rôle primordial de la R-D, un rôle essentiel à la création d'une prospérité durable.

Certaines des données que le comité d'experts a examinées sont encourageantes. Le Canada possède une population extrêmement instruite et affiche des points forts dans d'importants domaines de recherche. Cependant, les autres pays intensifient leurs efforts de R-D et le comité a découvert que l'évolution de la R-D canadienne était inquiétante à de nombreux égards. La décroissance de l'aide financière à la R-D dans tous les secteurs, et notamment dans les entreprises, est particulièrement préoccupante. L'augmentation du flux de propriété intellectuelle quittant le Canada est également alarmante; il y a désormais plus de brevets créés que de brevets détenus au Canada. Le fait que notre pays soit une petite économie ouverte le rend fréquemment attrayant pour les entreprises qui désirent effectuer de la R-D (ou se procurer des produits, comme les brevets, ou des innovateurs de talent). Cependant, c'est

un pays trop souvent peu propice au développement et à la commercialisation de produits, ainsi qu'à la croissance d'entreprises de portée mondiale, ce qui lui fait perdre des bénéfices et des opportunités économiques.

En résumé, si le rendement du Canada en R-D a conservé l'élan que les investissements passés lui ont procuré, son futur est aujourd'hui menacé par la relative faiblesse de la R-D et par la propension des innovations, des entrepreneurs et des chercheurs performants à quitter le pays pour profiter d'occasions de commercialisation et de croissance ailleurs. La capacité du Canada en matière de R-D et d'innovation demeure excellente, mais ses fondements s'érodent et notre pays est moins efficace pour créer de la richesse nationale à partir de ses innovations que de nombreux autres États.

J'ai eu grand plaisir à collaborer avec les membres de ce comité d'experts, et je les remercie sincèrement de leur engagement passionné à l'égard de notre mandat, de leur énergie et de leur bonne humeur durant les débats sur la signification et les causes des données probantes que nous examinions. J'ai aussi aimé leur désir inlassable de s'écarter des sujets qui les enthousiasmaient à titre personnel pour réfléchir à l'ensemble du mandat confié à l'équipe.

Travailler avec le personnel exceptionnel et talentueux du CAC a aussi été une merveilleuse expérience. Il ne se plaignait (pratiquement) jamais quand nous lui demandions de recueillir plus de données probantes ou de réanalyser les données avec un œil nouveau, ou encore quand nous ne cessions de lui réclamer de nouvelles données probantes parfois impossibles à trouver (mais qu'il aurait été si formidable d'obtenir). Le personnel du CAC est un groupe remarquable de personnes qui font un travail très important pour notre pays, et je lui suis redevable.

Je considère cette évaluation comme une contribution à des discussions d'une importance cruciale sur la R-D et l'innovation au Canada et j'espère continuer à suivre l'évolution des conversations sur le sujet, et à y participer.

Cordialement,

Max Blouw, président,
Comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie et de la recherche-développement industrielle au Canada

Message du président-directeur général du CAC

Cette évaluation des indicateurs de performance du Canada en sciences, en technologie, en recherche et en innovation arrive à point nommé. Le gouvernement canadien a montré son attachement constant à ce vaste domaine d'activité de plusieurs façons tangibles, notamment par la mise sur pied du Plan pour l'innovation et les compétences, l'annonce de la création de cinq super grappes, la nomination d'une nouvelle conseillère scientifique en chef et la commande de *L'examen du soutien fédéral aux sciences*. Plus précisément, le budget fédéral 2018 a prouvé la détermination farouche du gouvernement à l'égard de la recherche et de l'innovation en prévoyant des investissements historiques dans les sciences.

Le CAC effectue des évaluations fondées sur les données probantes de la recherche et développement canadienne depuis dix ans et a produit sept rapports sur le sujet :

- *L'état de la science et de la technologie au Canada* (2006)
- *Innovation et stratégies d'entreprise : Pourquoi le Canada n'est pas à la hauteur* (2009)
- *Catalyser l'économie numérique du Canada* (2010)
- *Éclairer les choix en matière de recherche : Indicateurs et décisions* (2012)
- *L'état de la science et de la technologie au Canada* (2012)
- *L'état de la R-D industrielle au Canada* (2013)
- *Paradoxe dissipé : Pourquoi le Canada est fort en recherche et faible en innovation* (2013)

S'appuyant sur des méthodes et des indices similaires à ceux utilisés dans *L'état de la science et de la technologie au Canada* (2012) et dans *L'état de la R-D industrielle au Canada* (2013), cette étude dresse un constat semblable et familier : le Canada a de nombreuses raisons d'être fier et dispose de chercheurs de renom dans de nombreux domaines de connaissances, mais les autres pays ne restent pas inactifs. Nos pairs produisent également des résultats de grande qualité et de nombreuses nations se sont résolument engagées à soutenir une recherche et développement qui leur donnera les moyens de mieux tirer parti de leurs points forts pour rivaliser à l'échelle mondiale. Le Canada devra en prendre note lorsqu'il déterminera la meilleure façon d'agir. Ce rapport offre de précieux renseignements en vue de la discussion, qu'elle ait lieu au laboratoire ou au parlement, autour des éprouvettes ou au conseil d'administration. Nous espérons qu'il servira à éclairer le débat public.

Il est aussi nécessaire de noter que le comité d'experts reconnaît que les indices traditionnels présentent des limites. Il faudra donc recourir à de nouvelles approches lors de la prochaine édition de cette évaluation.

Je tiens à remercier le président du comité d'experts, Max Blouw, et ses collègues membres du comité pour leur travail éclairant sur le sujet. J'aimerais aussi remercier le conseil d'administration du CAC, son comité consultatif scientifique et ses trois académies membres — la Société royale du Canada, l'Académie canadienne du génie et l'Académie canadienne des sciences de la santé —, qui continuent à nous faire profiter de leur sagesse, de leurs conseils et de leurs connaissances d'experts et qui aident le CAC à s'orienter dans la bonne direction.

Enfin, je tiens à remercier la ministre des Sciences, l'honorable Kirsty Duncan, et le ministre de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique, l'honorable Navdeep Bains, d'avoir confié cette tâche au CAC.

Eric M. Meslin, Ph.D., MACSS
Président-directeur général, Conseil des académies canadiennes

Remerciements

Le comité d'experts n'aurait pas pu accomplir son travail sans l'aide de nombreuses personnes et de nombreux organismes, en particulier celles et ceux qui lui ont fourni les renseignements, les données probantes et les analyses à examiner. Cela inclut les membres des trois organismes (le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie, le Conseil de recherche en sciences humaines du Canada et les Instituts de recherche en santé du Canada), le Conseil national de recherches du Canada, la Fondation canadienne pour l'innovation et la Fédération des sciences humaines. À cette liste, il faut ajouter le Humber College, Collèges et instituts Canada, Polytechnics Canada, Tech-Accès Canada et le Réseau Trans-tech, qui lui ont transmis des données probantes et des renseignements sur le rôle des collèges et des écoles polytechniques au Canada. En ce qui concerne l'analyse des dépenses de R-D, Louise Earl et son équipe à Statistique Canada ont fait preuve d'une grande gentillesse en répondant inlassablement à nos questions sur leurs méthodologies de collecte de données et ont grandement amélioré notre compréhension de ces données. Notre analyse n'aurait pas été possible non plus sans le travail de Science-Metrix et d'EKOS Research, qui ont, respectivement, fourni les données bibliométriques et les données d'enquête utilisées dans cette étude. Enfin, nous sommes reconnaissants aux 5 547 chercheurs les plus cités de partout dans le monde, qui ont pris le temps de répondre à notre enquête et nous ont aidés à mieux comprendre la place que le Canada occupe dans le paysage mondial de la R-D et de l'innovation.

Personnel responsable du projet au Conseil des académies canadiennes

Équipe de l'évaluation : Emmanuel Mongin, directeur de projet
R. Dane Berry, associé de recherche
Joe Rowsell, associé de recherche
Weronika Zych, coordonnatrice de projet
Matthew Ivanovich, chercheur
Aaron Maxwell, consultant

Avec la participation de : Stefan Jungcurt, consultant
Lennart Trouborst, chercheur, CAC
Clare Walker, révision du texte anglais
Jody Cooper, révision du texte anglais
François Abraham, traducteur agréé, Communications Léon inc., traduction anglais-français
Marc Dufresne, conception graphique, CCA

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 pour refléter une diversité de points de vue, de domaines de spécialisation, 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 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 :

Ronald Burnett, C.M., O.B.C., RCA, Chevalier de l'ordre des arts et des lettres, président et vice-chancelier, Université d'art et de design Emily Carr (Vancouver, C.-B.)

Michelle N. Chretien, directrice, Centre for Advanced Manufacturing and Design Technologies, Collège Sheridan; ancienne directrice de programme et de développement des affaires, Matériaux électroniques, Centre de recherche canadien de Xerox (Brampton, Ont.)

Lisa Crossley, présidente-directrice générale, Reliq Health Technologies, Inc. (Ancaster, Ont.)

Natalie Dakers, présidente fondatrice et présidente-directrice générale, Accel-Rx Health Sciences Accelerator (Vancouver, C.-B.)

Fred Gault, professeur titulaire, Université des Nations-Unies–MERIT (Maastricht, Pays-Bas)

Patrick D. Germain, spécialiste principal en ingénierie, Aérodynamique avancée, Bombardier Aéronautique (Montréal, Qc)

Robert Brian Haynes, O.C., MSRC, MACSS, professeur émérite, École de médecine DeGroote, Université McMaster (Hamilton, Ont.)

Susan Holt, chef des Partenariats commerciaux, gouvernement du Nouveau-Brunswick (Fredericton, N.-B.)

Pierre A. Mohnen, professeur, Université des Nations-Unies–MERIT et Université Maastricht (Maastricht, Pays-Bas)

Peter J. M. Nicholson, C.M., retraité; président fondateur et ancien président-directeur général, Conseil des académies canadiennes (Annapolis Royal, N.-É.)

Raymond G. Siemens, professeur distingué, anglais et informatique, et ancien titulaire de la Chaire de recherche du Canada en humanités numériques, Université de Victoria (Victoria, C.-B.)

La procédure d'examen du rapport a été supervisée, au nom du conseil d'administration et du comité consultatif scientifique du CAC, par **Gregory S. Kealey, C.M., MSRC,** professeur émérite, Département d'histoire, Université du Nouveau-Brunswick. 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 d'administration 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. Kealey d'avoir supervisé consciencieusement l'examen du rapport.

Sommaire

La prospérité, la compétitivité et le bien-être nationaux sont inextricablement liés à la capacité de prendre part à la recherche, au développement et à l'innovation, et à en bénéficier. La combinaison de progrès dans les technologies numériques, les biotechnologies, les procédés de production en réseau et les systèmes de transport autonome pourraient provoquer de profondes transformations économiques, sociales, environnementales et technologiques dans les prochaines années. Les pays qui appuient stratégiquement la recherche et le développement expérimental (R-D) et l'innovation, et entretiennent une vaste base de talents et d'expertise en recherche, profiteront des prochaines avancées et découvertes de la recherche. Ceux qui n'offrent pas ce soutien ou ne cultivent pas ces compétences risquent de ne pas pouvoir participer à la recherche de pointe et récolter ses bénéfices sociaux et économiques. Les décideurs ont besoin d'un vaste ensemble de renseignements, d'indicateurs et d'observations pour mettre sur pied la capacité de R-D la plus étendue et la plus forte possible. Ce rapport évalue le rendement en matière de R-D et d'innovation du Canada, à l'aide à la fois des toutes dernières données probantes, d'avis et d'analyses d'experts et de la comparaison de ce rendement avec celui d'autres pays.

Mandat du comité d'experts

En 2016, le gouvernement fédéral a demandé au Conseil des académies canadiennes (CAC) d'effectuer une évaluation exhaustive de l'état de la science, de la technologie et de la R-D au Canada. Le CAC avait déjà effectué un tel travail en 2006 et en 2012; les deux rapports fournissaient un instantané de l'époque sur le rendement dans tous les domaines de la recherche et du développement technologique. En 2013, le CAC a aussi publié un troisième rapport portant sur l'état de la R-D industrielle (R-Di) et sur les lacunes de traduction des points forts de la R-D en innovation. L'actuel comité d'experts a été chargé de remplir un mandat combinant les mandats des évaluations de 2012 et de 2013, c'est-à-dire de répondre aux questions suivantes :

> *Quel est l'état actuel de la science et de la technologie et de la recherche-développement industrielle au Canada?*
>
> - *Compte tenu des 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 points forts sont-ils géographiquement répartis dans le pays? Comment se situent-ils par rapport à ce qui se fait dans des pays comparables?*

- *Dans quelles disciplines scientifiques et applications technologiques le Canada a-t-il connu les plus grandes améliorations ou les plus importants déclins au cours des cinq dernières années? Quelles tendances principales sont ressorties, et pourquoi? Quelles disciplines scientifiques et applications technologiques pourraient devenir des atouts de premier plan pour le Canada?*

- *Quels sont les points forts actuels du Canada en R-Di? Comment se répartissent-ils selon les secteurs d'activité et les régions du pays? Comment se situent-ils par rapport à ce qui se fait dans des pays comparables?*

- *Dans quelles disciplines scientifiques et applications technologiques les points forts du Canada correspondent-ils le mieux aux principaux secteurs économiques et aux besoins de l'industrie du pays?*

- *Quels principaux obstacles et lacunes de connaissances empêchent de traduire en innovation et en création de richesse les points forts du Canada en S-T?*

Commentaires au sujet de la terminologie

Les termes tels que *science*, *recherche-développement*, *technologie* et *innovation* sont souvent utilisés de façon imprécise et incohérente. Les précédentes évaluations réalisées par le CAC utilisaient le terme générique de *science et technologie* (S-T), mais le présent comité d'experts a décidé d'utiliser plutôt l'expression *recherche et développement expérimental* (R-D), plus inclusive. Dans ce rapport, *R-D* renvoie aux travaux de recherche concernant tous les domaines d'étude, englobant toutes les étapes de la recherche et du développement technologique et exécutés dans tous les secteurs (milieu académique, gouvernement, industrie et organismes sans but lucratif). L'*innovation* n'est pas le sujet principal du rapport; cependant, lorsque c'était pertinent pour ses discussions, le comité a adopté une définition large de l'innovation, admettant que par convention, elle est souvent mesurée comme l'introduction de nouveaux produits, procédés, méthodes organisationnelles ou méthodes de commercialisation dans les entreprises. Si des travaux sont en cours pour étendre ces mesures à l'innovation sociale et à l'innovation dans le secteur public, on dispose actuellement de peu de données comparables à l'échelle internationale sur l'innovation réalisée en dehors des entreprises. Afin d'analyser des données comparables à l'échelle internationale, le comité d'experts s'est appuyé sur les définitions techniques standard de R-D et des termes connexes (p. ex. recherche fondamentale, recherche appliquée) fournies par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et par des organismes statistiques. Certaines de ces définitions présentent des limites notables, mais elles demeurent le seul moyen cohérent de comparer le rendement du Canada à celui des autres nations.

Méthodologie et limites des données

Pour répondre à son mandat, le comité d'experts s'est appuyé sur les données probantes issues de multiples sources, notamment d'un examen des publications, et de données provenant d'organismes statistiques comme Statistique Canada et l'OCDE. Afin de permettre des comparaisons internationales, il s'est concentré sur les pays de l'OCDE et sur les pays en développement comptant parmi les 20 plus gros producteurs de publications de recherche examinées par des pairs, comme la Chine, l'Inde, le Brésil, l'Iran et la Turquie. Outre de l'examen des publications, l'évaluation du comité a été éclairée par deux méthodes de recherche principales :

- Une analyse bibliométrique et technométrique exhaustive des publications de recherche et des brevets canadiens;
- Une enquête menée auprès des chercheurs les plus cités de partout dans le monde.

Même s'il s'est efforcé de recueillir et d'analyser les tout derniers renseignements, le comité d'experts a constaté que des limites concernant les données entravent l'évaluation de la R-D et de l'excellence du Canada dans ce domaine. C'est particulièrement le cas pour la R-Di et les sciences sociales, les arts et les sciences humaines. Les données sur la R-Di continuent à souffrir de retard pour certains critères, comme dans le cas des chiffres comparables à l'échelle internationale sur l'intensité par secteur et industrie. Ces données reposent également sur les catégories sectorielles (c.-à-d. sur les codes du SCIAN et de la CITI), qui peuvent occulter d'importantes tendances, particulièrement dans le secteur des services, bien que les récentes modifications apportées par Statistique Canada en ce qui concerne la façon de communiquer ces données aient amélioré la situation. On manque également de mesures comparables à l'échelle internationale relativement aux résultats et à l'impact de la R-D, mis à part celles reposant sur les brevets.

Pour les sciences sociales, les arts et les sciences humaines, les mesures fondées sur les articles de revue et autres publications indexées offrent un portrait incomplet et inégal des contributions de recherche. L'expansion des bases de données bibliométriques et les améliorations méthodologiques, comme un plus grand usage des mesures par Internet, y compris de la visualisation et du téléchargement d'articles et des références sur les réseaux sociaux, faciliteront l'accroissement continu et graduel de la disponibilité et de la précision des données. Cependant, les futures évaluations de la R-D au Canada pourraient également profiter d'une intégration plus substantielle des examens par des experts capables de tenir compte de divers types de production de recherche (p. ex. ouvrages non indexés) et d'impact (p. ex. contributions aux collectivités ou impact sur les politiques publiques). Il ne fait pas de doute pour le comité

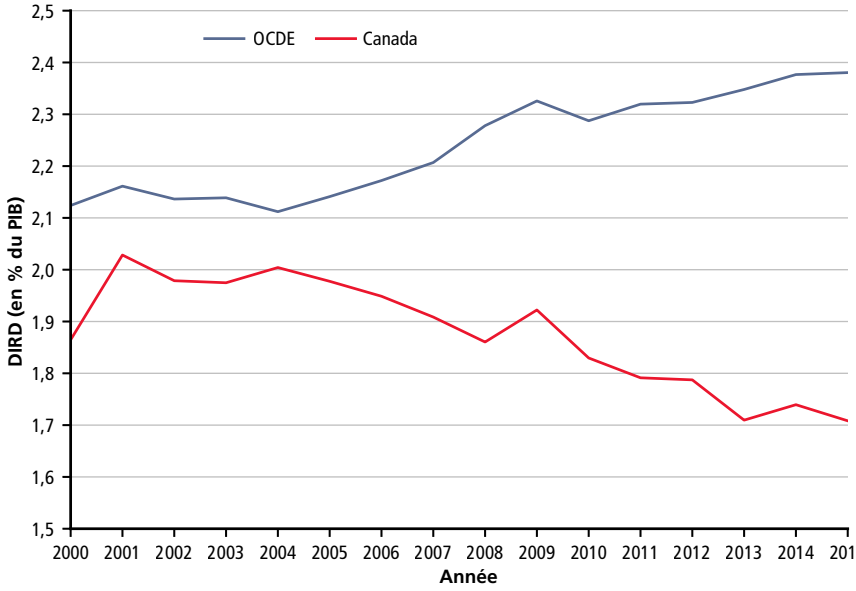
d'experts que les contributions en sciences sociales, en arts et en sciences humaines sont tout aussi importantes pour la prospérité nationale; il est donc vital qu'elles soient mieux mesurées et évaluées.

Investissement et capacité en R-D

Le Canada dispose d'une solide réputation internationale en ce qui concerne sa capacité à participer à la R-D de pointe, 60 % des chercheurs les plus cités de partout dans le monde interrogés ayant indiqué que le Canada abrite une infrastructure et des programmes parmi les meilleurs au monde dans leur domaine. Cette proportion constitue une hausse de quatre points de pourcentage par rapport à 2012. Le Canada continue à bénéficier d'une population extrêmement instruite et d'un vaste bassin de compétences et de talents en recherche. Sa population est la plus instruite de l'OCDE si l'on tient compte de la proportion d'habitants ayant suivi des études postsecondaires. Cependant, chez les plus jeunes (25 à 34 ans), le Canada a été dépassé par le Japon et la Corée du Sud. Le nombre de chercheurs par habitant au pays est équivalent à celui des autres pays développés et a légèrement augmenté entre 2004 et 2012. Le nombre de titulaires d'un doctorat au Canada a aussi connu une croissance ces dernières années, bien qu'il demeure faible en proportion de la population si on le compare à de nombreux pays de l'OCDE.

En revanche, la taille du personnel de R-D employé dans les entreprises canadiennes a chuté de 20 % entre 2008 et 2013. Ce phénomène est probablement lié au déclin soutenu et constant de l'investissement dans la R-D des entreprises au pays. La part de la R-D dans le produit intérieur brut (PIB) a baissé de façon continue depuis 2001, et est maintenant bien en dessous de la moyenne de l'OCDE (figure 1). Un des rares pays de l'OCDE à n'avoir enregistré pratiquement aucune croissance des dépenses nationales totales de R-D entre 2006 et 2015, le Canada doit désormais plus que doubler ses dépenses s'il veut atteindre une intensité de la R-D comparable à celle des plus grands pays.

Cette situation est principalement due à la faiblesse et à la baisse des dépenses de R-D des entreprises; cependant, les dépenses de R-D dans tous les secteurs ont leur part de responsabilité. Les dépenses de R-D du gouvernement ont baissé, en chiffres réels, durant la même période. Les dépenses dans le secteur de l'enseignement supérieur (un indicateur selon lequel le Canada a toujours enregistré d'excellents résultats) augmentent aussi plus lentement que la moyenne de l'OCDE. Il est probable qu'on assiste à un affaiblissement notable de la compétitivité internationale du Canada et de sa capacité à participer à la R-D et à l'innovation si ce déclin et si le sous-investissement se poursuivent.



Source des données : OCDE, 2016a

Figure 1

Intensité de la R-D au Canada et dans les pays de l'OCDE, 2000–2015

L'intensité de la R-D (DIRD en pourcentage du PIB) a constamment baissé au Canada depuis son sommet de 2001. Dans les pays de l'OCDE, cependant, les dépenses de R-D par rapport au PIB ont continué à augmenter. La moyenne y est à présent de 2,4 % et les grands pays affichent une intensité de la R-D supérieure à 4 %.

Production, impact et points forts de la recherche

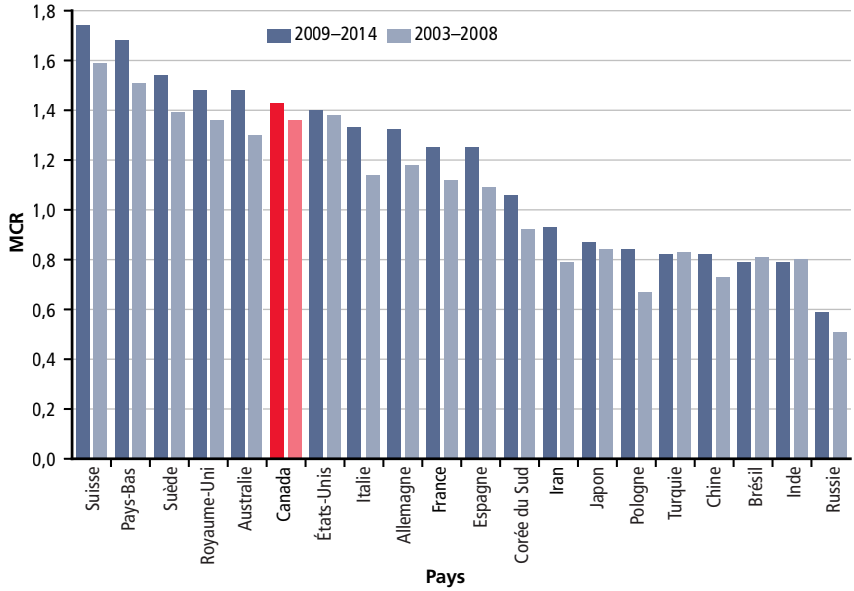
Entre 2009 et 2014, le Canada a produit 3,8 % des publications de recherche planétaires et occupait la neuvième place mondiale. Il s'agit d'une baisse par rapport au septième rang qu'il détenait entre 2003 et 2008. L'Inde et l'Italie ont dépassé le Canada, même si l'écart avec l'Italie est réduit. La production de publications canadiennes a augmenté de 26 % entre 2003 et 2014, un taux de croissance supérieur à celui de nombreux pays développés (dont les États-Unis, la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni et le Japon), mais inférieur à la moyenne mondiale, ce qui témoigne de la rapidité de la croissance en Chine et dans d'autres économies émergentes. La production de recherche du gouvernement fédéral, en particulier du Conseil national de recherches du Canada, a sensiblement chuté entre 2009 et 2014.

Par rapport au reste du monde, le Canada se spécialise dans des sujets généralement rattachés aux domaines des sciences humaines et des sciences sociales (ainsi qu'à la santé et à l'environnement), et ne se spécialise pas autant que d'autres pays dans des champs traditionnellement associés aux sciences physiques et au génie. Plus précisément, sa production est comparativement forte en psychologie et sciences cognitives, santé publique et soins de santé, philosophie et théologie, sciences environnementales et de la Terre et arts visuels et arts de la scène, domaines dont il assure plus de 5 % de la recherche mondiale. Par contre, le Canada produit moins de recherche que ce à quoi on pourrait s'attendre en chimie, en physique et astronomie, en technologies habilitantes et stratégiques, en génie et en mathématiques et statistiques. Cette production comparativement faible dans des domaines essentiels des sciences naturelles et du génie est inquiétante et pourrait nuire à la souplesse de la recherche effectuée au Canada, et empêcher ainsi les établissements de recherche et les chercheurs de se tourner vers les champs qui émergeront dans l'avenir.

Le Canada maintient son statut international sur le plan de l'impact de la recherche, bien que les données probantes laissent entrevoir un léger affaiblissement de sa compétitivité dans certains domaines. Son classement selon la moyenne des citations relatives (MCR), sixième, n'a pas changé entre 2003–2008 et 2009–2014 (figure 2). La réputation de la recherche canadienne n'a pas non plus varié, le pays occupant le quatrième rang à ce chapitre selon une enquête menée auprès des chercheurs les plus cités de partout dans le monde, à la laquelle environ 36 % des répondants ont classé le Canada parmi les cinq premiers pays du monde dans leur domaine. La MCR du Canada était supérieure à la moyenne mondiale dans tous les domaines en 2009–2014, le pays se classant dans les cinq premiers en psychologie et sciences cognitives, en médecine clinique, en physique et astronomie, en études de l'histoire et en arts visuels et arts de la scène.

L'analyse de la MCR et des classements à l'enquête porte à croire que les points forts de la recherche canadienne sont demeurés généralement stables depuis le rapport sur la S-T 2012 du CAC.

Pour mesurer ces points forts, le comité d'experts a élaboré un indicateur composite fondé sur trois dimensions : l'*ampleur* (part du Canada dans les publications mondiales dans le domaine), l'*impact* (évalué en fonction de la MCR et du classement selon la MCR) et la *croissance* (mesuré par l'indice de croissance (ICr), qui reflète la croissance de la production de recherche du Canada par rapport au reste du monde). Cet indicateur permet de répartir les domaines de recherche en trois grands groupes (figure 3). Le quartile supérieur regroupe les domaines dans lesquels le Canada est fort : arts visuels et arts de



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

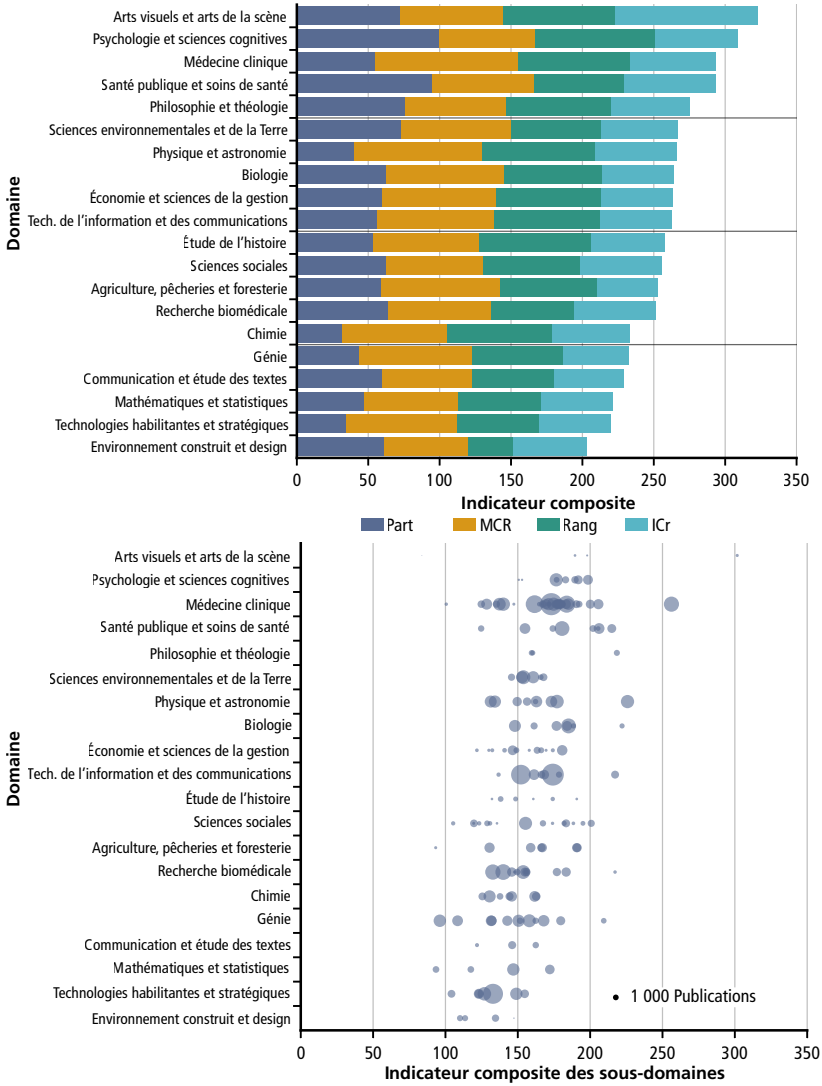
Figure 2

MCR des 20 premiers pays par nombre de publications, 2003–2008 et 2009–2014

Les pays sont classés selon la MCR pour 2009–2014.

la scène, psychologie et sciences cognitives, médecine clinique, santé publique et soins de santé, et philosophie et théologie. Le deuxième et le troisième quartile forment un solide ensemble intermédiaire de domaines dans lesquels le Canada obtient de bons résultats dans deux des trois dimensions. Le quartile inférieur regroupe des champs dans lesquels le Canada est moins compétitif à l'échelle mondiale. Une analyse des indicateurs composites à l'échelle des sous-domaines révèle des écarts substantiels à l'intérieur d'un même domaine. Par exemple, les sous-domaines de l'éthique appliquée (philosophie et théologie) et de l'astronomie et astrophysique (physique et astronomie) se classent mieux que les autres éléments de leur domaine.

Toutefois, si l'on étudie la recherche dans la plupart des champs des technologies habilitantes et stratégiques, le Canada traîne derrière les autres pays. Les données bibliométriques révèlent qu'à l'exception de certains sous-domaines des technologies de l'information et des communications (TIC), tels qu'informatique médicale et médecine personnalisée, le Canada produit un pourcentage relativement faible de la recherche mondiale dans des champs prometteurs du développement technologique. Ceci est particulièrement vrai en biotechnologie, en nanotechnologie et en matériaux. L'impact de la recherche canadienne, révélé par le nombre de citations, est également modeste dans ces domaines.



Source des données : calculs du comité d'experts d'après les données fournies par Science-Metrix à l'aide de la base de données Scopus (Elsevier)

Figure 3

Indicateur composite par domaine et sous-domaine de recherche au Canada, 2009–2014

Les indicateurs composites sont construits à partir de quatre indices : MCR, classement selon la MCR, ICr et part du Canada des publications mondiales dans le domaine ou le sous-domaine. Les quatre indices correspondant à un domaine sont normalisés par rapport à ceux des autres domaines et les indicateurs d'un sous-domaine le sont par rapport à ceux des autres sous-domaines. Les quatre indices ont la même pondération. Le volet du haut illustre les indicateurs composites pour les domaines, ainsi que leurs quatre composants. Le volet du bas illustre la dispersion des indicateurs composites pour les sous-domaines à l'intérieur de chaque domaine, la taille des bulles correspondant au nombre de publications.

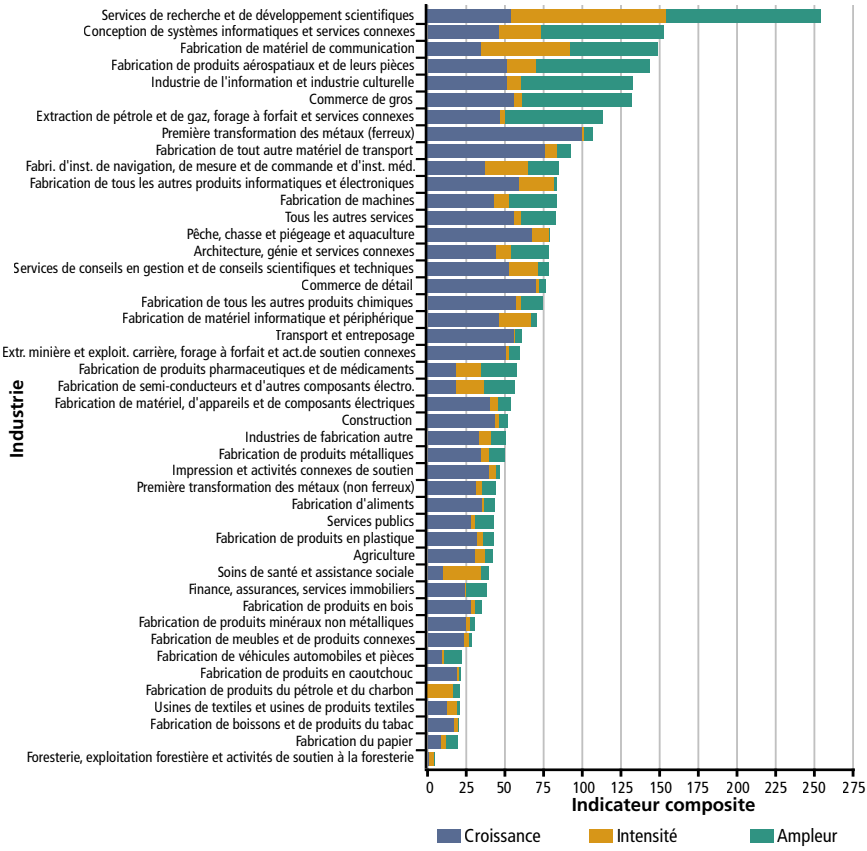
Hormis en biotechnologie, le Canada ne figure parmi les cinq premiers pays au classement selon la MCR dans aucun des sous-domaines des technologies habilitantes et stratégiques. C'est en optoélectronique et photonique qu'il est le mieux classé ensuite, avec une septième place, suivi de matériaux et de nanoscience et nanotechnologie, tous deux classés au neuvième rang. Même dans des champs où les chercheurs et les établissements canadiens ont joué un rôle fondamental dans les débuts de la recherche (et où le pays conserve une bonne capacité de recherche), comme l'intelligence artificielle et la médecine régénérative, le Canada a perdu du terrain par rapport aux autres pays.

Tendances en R-Di

La capacité et la compétitivité de la R-Di canadienne ont subi une érosion soutenue. Le Canada se classe au 33e rang des grands pays selon un indice mesurant l'ampleur, l'intensité et la croissance des dépenses de R-Di. Bien que le Canada soit 11e en ce qui concerne les dépenses, l'intensité de sa R-Di (0,9 %) est à peine la moitié de la moyenne de l'OCDE et les dépenses totales sont en baisse (–0,7 %). Par rapport aux autres pays du G7, le portefeuille d'investissement dans la R-D du Canada est plus concentré dans les secteurs technologiques dans lesquels la R-D est intrinsèquement moins intense. Le Canada investit plus fortement que la moyenne du G7 dans l'extraction du pétrole et du gaz, la foresterie, la machinerie et le matériel et la finance, où la R-D est moins cruciale pour la stratégie d'affaires que dans de nombreuses autres industries. Cependant, il peut être difficile de déterminer les conséquences des tendances en matière de R-D pour les industries telles que le commerce de gros, qui comprennent une diversité d'entreprises unies seulement par la prépondérance de la vente et de la distribution dans leurs activités. Environ 50 % des dépenses de R-Di canadiennes s'effectuent dans des secteurs de haute technologie (comme les TIC, l'aérospatiale, la fabrication pharmaceutique et l'automobile), contre 80 % en moyenne au sein du G7. L'intensité des dépenses intra-muros en recherche-développement des entreprises (DIRDE) canadiennes est également inférieure à la moyenne de l'OCDE dans ces secteurs. Par contre, l'investissement canadien dans les secteurs de basse et de moyenne à basse technologie est sensiblement supérieur à la moyenne du G7. Les dépenses canadiennes reflètent la structure industrielle traditionnelle du pays et ses modèles d'activité économique.

Les caractéristiques de l'investissement dans la R-D au Canada semblent évoluer en fonction des transformations mondiales et nationales. Si les petites et moyennes entreprises continuent à accomplir une plus grande partie de la R-Di au Canada qu'aux États-Unis, entre 2009 et 2013, on a assisté à une transition de la R-D des petites aux grandes entreprises. Le Canada est un endroit de plus en plus attrayant pour effectuer de la R-D. L'investissement par des entreprises étrangères au Canada a augmenté pour atteindre plus

de 35 % de l'investissement total dans la R-D, les États-Unis en assurant plus de la moitié. Les multinationales semblent de plus en plus déplacer une partie de leurs activités de R-D hors de leur pays d'origine, peut-être pour se rapprocher des meilleurs chercheurs. L'accroissement de la R-D sous contrôle étranger pourrait toutefois aussi révéler une perte stratégique de contrôle sur la propriété intellectuelle créée au Canada à long terme, et miner les efforts du gouvernement visant à aider les entreprises à forte croissance dans leur développement proportionnel.



Source des données : StatCan, 2017a, 2017i

Figure 4

Force de la R-Di nationale, industries canadiennes, 2006–2015

Dans cette figure, les industries sont classées (SCIAN) selon un indicateur composite des dépenses de R-Di fondé sur l'ampleur (DIRDE, moyenne pour 2011–2015), l'intensité (rapport DIRDE-PIB, moyenne pour 2009–2013) et la croissance (TCAC des DIRDE, 2006–2015). Chaque élément est évalué sur 100, ce qui signifie que la valeur maximale de l'indicateur est de 300.

Le Canada produit environ 1 % des brevets mondiaux et occupe le 18e rang à ce chapitre. Il se situe encore plus loin sur le plan des marques de commerce (34e) et des dépôts de dessins (34e). Mais malgré une performance générale relativement mauvaise en matière de brevets, le Canada excelle dans certains domaines techniques, comme le génie civil, les communications numériques, les autres machines spéciales, l'informatique et les télécommunications. Il est un exportateur net de brevets, ce qui est révélateur de la force de la R-D dans certaines industries technologiques. Ce phénomène peut aussi témoigner d'un investissement croissant dans la R-D par des entreprises étrangères.

Pour déterminer les industries constituent les points forts de la R-D, le comité d'experts s'est appuyé sur un indicateur composite constitué de trois indices : l'ampleur (dépenses annuelles moyennes de R-D entre 2006 et 2015), l'intensité (dépenses de R-D en proportion des revenues entre 2009 et 2013) et la croissance (taux de croissance annuel composé pour 2006–2015). Quatre industries sont ainsi distinguées :

- Services de recherche et de développement scientifiques
- Conception de systèmes informatiques
- Fabrication de matériel de communication
- Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces

Entre 2006 et 2015, les dépenses de R-D des entreprises canadiennes ont moins augmenté que l'inflation et que la moyenne de l'OCDE, et de récentes estimations donnent à penser qu'elles se sont encore affaiblies. Entre 2014 et 2017, la R-D des entreprises canadiennes devrait baisser de 2,8 % par an, plus de la moitié de ce déclin s'opérant dans les domaines de l'extraction du pétrole et du gaz et du développement de logiciels. Parmi les grandes industries, seules six ont accru leurs dépenses de R-D, en premier lieu la fabrication de produits chimiques et les services de télécommunications. La plupart des industries canadiennes dépensent aujourd'hui moins en R-D qu'au cours de la décennie précédente.

Ce comité d'experts avait aussi pour tâche de cerner « [D]ans quelles disciplines scientifiques et applications technologiques les points forts du Canada correspondent-ils le mieux aux principaux secteurs économiques et aux besoins de l'industrie du pays? ». La R-D réalisée (ou confiée par contrat) par l'industrie reflète de façon inhérente les besoins perçus. Les tendances en R-Di témoignent de ces besoins et sont généralement le reflet de la structure industrielle du Canada. Le niveau comparativement élevé de financement par les entreprises de la R-D réalisées dans les universités canadiennes, combiné au nombre croissant de partenariats de recherche entre les universités et les entreprises, ne laisse pas entrevoir de déficit de connectivité entre l'industrie

et le milieu académique. En ce qui concerne l'adéquation avec ses points forts, l'économie canadienne est dominée par les industries dans lesquelles la R-D ne constitue pas un élément essentiel de la stratégie d'entreprise et les dépenses de R-D des entreprises canadiennes en sont l'image. Les secteurs de l'extraction du pétrole et du gaz, de la construction, de l'immobilier et de la finance, par exemple, dépendent considérablement plus des ressources naturelles, du capital et du personnel que de la R-D. Dans le même temps, les industries fortement technologiques, comme les TIC, le secteur biopharmaceutique, l'aérospatiale et l'automobile, profitent clairement de la recherche et de la force du Canada dans des domaines connexes. La capacité de recherche du pays en intelligence artificielle pourrait également être extrêmement intéressante dans toute l'économie. Cependant, de l'avis du comité d'experts, cette capacité est généralement sous-utilisée par l'industrie canadienne en raison du manque de secteurs dans lesquels la R-D est intensive et de grandes entreprises qui investissent dans la R-D.

Activité et tendances en matière de R-D par région

L'investissement dans la R-D et la production et l'impact de cette dernière sont inégalement répartis au Canada. La presque totalité de la baisse des dépenses nationales de R-D entre 2006 et 2015 s'est produite en Ontario et au Québec. En revanche, les dépenses de R-D ont augmenté dans la plupart des autres provinces et sont donc légèrement moins concentrées à l'échelle provinciale. Même si leur part de la R-D canadienne totale a diminué, l'Ontario et le Québec sont toujours dominants. S'ils étaient évalués à ce sujet indépendamment, ils figureraient tous deux dans les 25 premiers pays au classement des dépenses de R-D totales.

Il existe une considérable diversité dans la recherche entre les provinces. Chacune d'elle produit au moins deux fois plus de publications que la moyenne mondiale dans au moins 15 sous-domaines académiques. L'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta sont les plus gros centres de recherche au pays. Ils affichent également le plus fort impact moyen et médian et le plus fort taux de croissance de la production de recherche et de collaboration internationale. Le tableau 1 présente les cinq premiers sous-domaines selon la spécialisation et l'impact (c.-à-d. d'après l'indice de spécialisation (IS) et la MCR) pour chaque province. Entre 2003 et 2014, la production de brevets a augmenté dans toutes les provinces, sauf au Québec en raison de la baisse de l'activité dans le secteur pharmaceutique. Fait notable, toutes les provinces à l'exception de l'Île-du-Prince-Édouard sont à présent des exportatrices nettes de brevets.

Tableau 1

Cinq premiers sous-domaines selon l'IS et la MCR par province ou région, 2003–2014

Province	Cinq premiers sous-domaines selon l'IS	Cinq premiers sous-domaines selon la MCR
Colombie-Britannique	Foresterie Théâtre et dramaturgie Pêcheries Géographie Ornithologie	Médecine générale et interne Science et technologie, général Génie minier et métallurgie Physique des particules et nucléaire Astronomie et astrophysique
Alberta	Géologie Physiologie Sport, récréation et tourisme Médecine sportive Informatique médicale	Médecine générale et interne Physique des particules et nucléaire Anatomie et morphologie Génie minier et métallurgie Physique générale
Prairies	Ornithologie Sciences vétérinaires Agronomie et agriculture Économie et politique de l'agriculture Physiologie	Médecine générale et interne Physique des particules et nucléaire Chirurgie Allergologie Génie électrique
Ontario	Théâtre et dramaturgie Réadaptation Études de genre Criminologie Psychologie expérimentale	Médecine générale et interne Physique des particules et nucléaire Gastro-entérologie et hépatologie Système respiratoire Dermatologie
Québec	Foresterie Économétrie Relations industrielles Psychologie du développement Psychologie expérimentale	Médecine générale et interne Anatomie Physique générale Musique Physique des particules et nucléaire
Provinces de l'Atlantique	Sciences vétérinaires Pêcheries Océanographie Horticulture Histoire	Médecine générale et interne Dermatologie Science des aliments Pratique et gestion du design Génie mécanique

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

La capacité de R-D du Canada est concentrée dans les villes, en particulier Toronto, Montréal, Vancouver, Ottawa et Calgary. Ces cinq villes créent des brevets et des entreprises de haute technologie dans des proportions près de deux fois plus fortes que les autres. Elles comptent aussi la moitié des grappes du secteur des services (p. ex. TIC et finance) et de nombreuses grappes en fabrication avancée. Les grappes de R-D canadiennes concernent souvent les ressources naturelles et les domaines traditionnellement points forts économiques et en recherche. Des grappes liées aux ressources naturelles ont vu le jour autour de l'emplacement de ces ressources, comme la foresterie en Colombie-Britannique, le pétrole et le gaz en Alberta, l'agriculture en Ontario, l'extraction minière

au Québec et les ressources maritimes dans le Canada atlantique. C'est dans les industries de l'automobile, des plastiques et de l'acier qu'on retrouve le plus de grappes en raison de leurs succès économiques à Windsor, Hamilton et Oshawa. Les industries de fabrication avancée, telles que l'aérospatiale, les sciences de la vie et la fabrication des TIC, ont tendance à être plus concentrées, souvent à proximité d'universités de recherche spécialisées.

Lien entre R-D, innovation et création de richesse

La situation du Canada, qui excelle en ce qui concerne la production et l'impact de la recherche, alors qu'il affiche de faibles performances en investissement dans la R-Di et dans l'innovation (notamment une croissance de la productivité inférieure à la moyenne), continue à constituer un paradoxe, et laisse supposer que des obstacles entravent le flux de concrétisation de la recherche canadienne en applications commerciales. Les résultats de l'analyse du comité d'experts donnent à penser que le point de vue doit être nuancé. La transformation de la recherche en innovation et en création de richesse est un processus complexe et multidimensionnel, ce qui rend difficile de définir avec certitude la cause de l'insuffisance de l'investissement dans la R-D et de la croissance de la productivité au Canada. D'après l'interprétation que le comité d'experts a faite des données probantes, le Canada est une nation fortement innovante, mais d'importants obstacles empêchent la traduction de l'innovation en création de richesse. Les données disponibles mettent en évidence un certain nombre de facteurs contributifs qui sont analysés dans le rapport. La figure 5 illustre les relations entre la R-D, l'innovation et la création de richesse.

Le comité d'experts a conclu que de nombreux facteurs couramment considérés comme des éléments préoccupants n'expliquent pas adéquatement la faiblesse générale du rendement en matière d'innovation du Canada par rapport à d'autres pays. Les liens entre le milieu académique et les entreprises semblent relativement robustes en termes quantitatifs en raison de l'étendue du financement de la R-D intersectorielle et du nombre croissant de partenariats entre le milieu académique et l'industrie, bien que le volume d'interactions entre ces derniers ne donne pas d'indication de la nature ou de la qualité de cette relation, pas plus que du degré auquel les entreprises tirent parti de la recherche et de la propriété intellectuelle qui en est le fruit. Le système d'éducation canadien est extrêmement performant selon les normes internationales et il ne semble pas y avoir de carence généralisée de chercheurs ou de compétences en STGM (sciences, technologies, génie et mathématiques). Même si les politiques relatives à la propriété intellectuelle diffèrent entre les universités, elles n'expliquent probablement pas l'écart dans la commercialisation de la recherche entre les établissements canadiens et américains, bien que les universités et les gouvernements canadiens pourraient en faire plus pour aider les entreprises

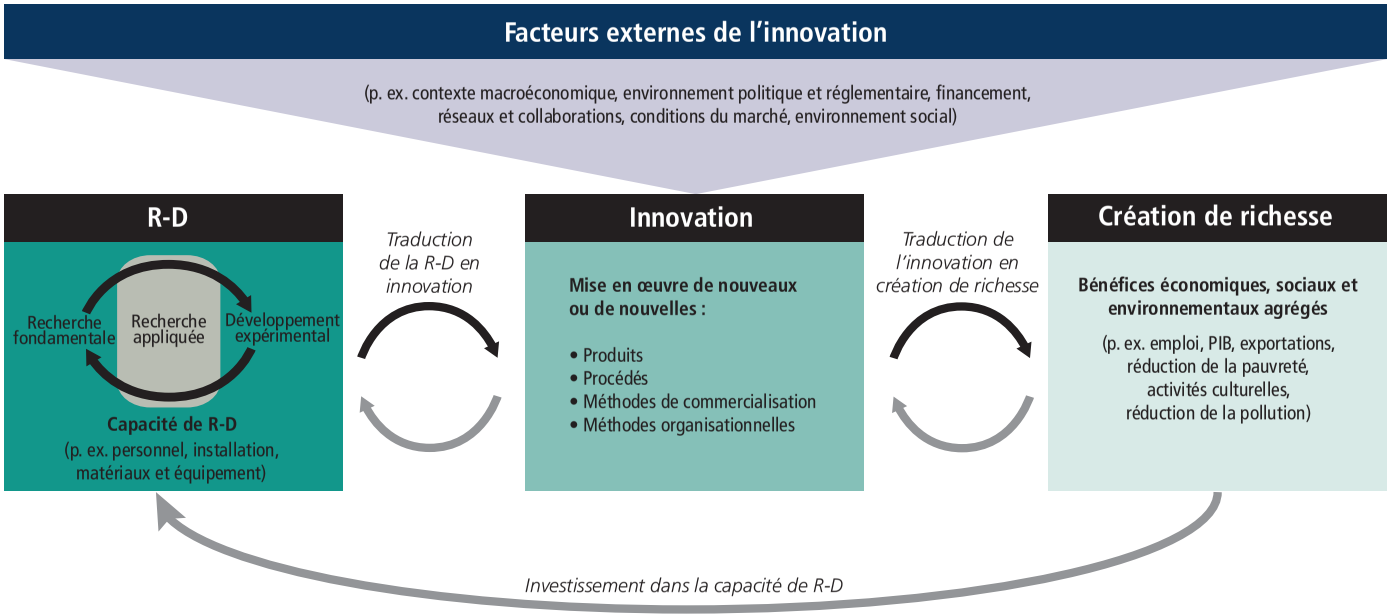


Figure 5

Compréhension des liens entre la R-D, l'innovation et la création de richesse

La traduction de la R-D en innovation et en création de richesse est complexe et survient à différentes étapes. Les avancées en recherche fondamentale et en développement expérimental se renforcent mutuellement (dans de nombreux cas, elles sont liées par la recherche appliquée). La R-D alimente l'innovation en permettant la création de produits, de procédés et de méthodes de commercialisation et organisationnelles. Ce rapport se concentre principalement sur l'innovation de produits et de procédés, car ces types d'innovation sont plus étroitement liés à la R-D et au développement technologique. Les innovations dépendent également de facteurs externes, comme le contexte macroéconomique, la politique et les environnements réglementaires ou sociaux. Les innovations produisent des bénéfices économiques par la hausse de la productivité, la création d'emplois, la croissance du PIB, etc. Elles peuvent aussi apporter d'autres bénéfices sociaux, tels que la réduction des impacts environnementaux ou l'amélioration de l'efficience ou de l'efficacité des services publics.

canadiennes à accéder à la propriété intellectuelle détenue par les universités et à lutter sur le plan de la gestion et de la stratégie de propriété intellectuelle. La disponibilité du capital de risque au Canada s'est améliorée considérablement ces dernières années et est aujourd'hui concurrentielle à l'échelle mondiale, même si elle n'est toujours pas comparable à celle de la Silicon Valley. Les entreprises technologiques en démarrage et les écosystèmes d'entreprises en démarrage s'épanouissent également dans de nombreux secteurs et régions, démontrant ainsi leur aptitude à exploiter les avancées de la recherche pour concevoir et proposer des produits et des services innovants.

Développer proportionnellement ces entreprises pour les transformer en entreprises de grande taille, matures et durables présente d'importants défis qui les empêchent de croître au Canada. Bien que les conditions macroéconomiques et l'environnement réglementaire semblent propices à la création et au développement d'entreprises, les entreprises en démarrage canadiennes prometteuses sont souvent acquises et développées par d'autres pays, ce qui entraîne une perte de bénéfices économiques et commerciaux. De nombreux facteurs contribuent à cette situation, notamment la plus grande taille du marché américain, la structure et la nature du marché des capitaux au Canada et l'intérêt croissant de la Chine dans les activités commerciales canadiennes. Le fait que les crédits d'impôt de R-D sont plus intéressants pour les petites entreprises que pour les grandes porte à croire que le Canada est un meilleur endroit pour lancer des entreprises technologiques que pour les faire croître. Des données issues d'enquêtes auprès d'entreprises canadiennes et d'intervenants technologiques semblent indiquer qu'un manque de talent en gestion et d'expérience dans le développement proportionnel des entreprises technologiques nationales nuit considérablement.

Conclusion

La capacité largement intacte du Canada à effectuer de la recherche de qualité et ses vastes bassins de chercheurs de talent sont un legs des investissements passés. Le Canada abrite toujours des chercheurs, des installations et des programmes parmi les meilleurs au monde, et la communauté internationale continue à tenir leurs réalisations et leur importance en haute estime. Sa large base de chercheurs de talent, son contexte macroéconomique stable, son environnement social diversifié et accueillant et son historique de contributions de R-D faisant autorité sont les points forts essentiels du Canada. Ensemble, ils pourraient servir de fondement à un futur dans lequel le Canada continuera à effectuer une recherche de pointe et à figurer parmi les économies les plus innovantes et productives. Cependant, ce futur semble aujourd'hui incertain. Le recul de l'investissement privé et public dans la R-D menace d'affaiblir graduellement la capacité de recherche du Canada. La perte d'entreprises en

démarrage innovantes au profit d'acheteurs étrangers et l'incapacité à assurer le développement proportionnel d'un nombre suffisant d'entreprises en démarrage font en sorte que les Canadiens ne récoltent pas la totalité des bénéfices économiques produits par les avancées de la recherche canadienne. En outre, de récents événements laissent entrevoir un risque croissant que des entreprises technologiques étrangères viennent récolter une part disproportionnée des bénéfices des investissements gouvernementaux passés dans la R-D. Si une partie des bénéfices commerciaux de cette R-D peuvent demeurer au Canada, il y a aussi un risque qu'une bonne proportion soit engrangée à l'étranger. Relever ces défis exige de vaincre l'inertie inhérente aux modèles anémiques actuels de l'aide institutionnelle à la R-D au Canada. La réussite n'est pas assurée, mais les gains qui découleraient de l'amélioration de l'état de la R-D dans l'avenir en valent bien l'effort.

Table des matières

Définition des termes clés xxxiv

Sélection d'abréviations et de sigles utilisés dans le rapport xxxviii

1 Introduction 1
1.1 Mandat du comité d'experts 3
1.2 Commentaire au sujet de la portée et de la terminologie 4
1.3 Démarche et méthodologie de recherche 7
1.4 Comparaison avec *L'examen du soutien fédéral aux sciences* 9
1.5 Structure du rapport 10

2 Investissement et capacité en R-D 11
2.1 Investissement dans la R-D 13
2.2 Éducation et personnel de R-D 25
2.3 Infrastructure de R-D 30
2.4 Conclusion 31

3 Production et impact de la recherche 33
3.1 Productivité de la recherche au Canada 37
3.2 Les organismes de recherche au Canada 44
3.3 Classement international du Canada par domaine 48
3.4 Points forts de la recherche canadienne 54
3.5 Technologies habilitantes et stratégiques 62
3.6 Limites des données 65
3.7 Conclusion 68

4 Recherche-développement industrielle au Canada 70
4.1 Principales tendances dans les dépenses canadiennes de R-Di 73
4.2 Les extrants de la R-Di : brevets, marques de commerce et dessins 83
4.3 Points forts de la R-Di canadienne 88
4.4 Profils d'industries 99
4.5 Limites des données 111
4.6 Conclusion 112

5 La R-D régionale au Canada 115
5.1 Investissement par province et territoire 117
5.2 Publications par province et territoire 122
5.3 Brevets par province et territoire 128
5.4 Grappes de R-D 130
5.5 Conclusion 140

6 Obstacles à la traduction de la R-D en innovation et en création de richesse 142
6.1 Comprendre les liens entre R-D, innovation et création de richesse 145
6.2 Obstacles à la traduction de la R-D en innovation technologique 151
6.3 Obstacles à la traduction de l'innovation technologique en création de richesse 162
6.4 Conclusion 179

7 Conclusions 184

Références 195

Définition des termes clés

1 % supérieur des publications les plus citées (1 % SPPC) : Le 1 % SPPC mesure l'impact de la recherche selon l'extrémité supérieure de la distribution des comptes des citations normalisées. Le 1 % des publications les plus citées est défini par domaine ou sous-domaine pour une période donnée. Une valeur supérieure à 1,0 signifie que l'entité produit des publications plus souvent citées que sa proportion du total des publications dans le domaine ou le sous-domaine le laisserait présager. Par exemple, si la paléontologie au Canada représentait 1 % des publications mondiales, mais 2 % des publications les plus citées, son 1 % SPPC serait de 2,0.

Dépenses intérieures brutes en recherche et développement (DIRD) : Dépense totale intra-muros affectée à des travaux de R-D exécutés sur le territoire national pendant une période donnée (OCDE, 2015b).

Dépenses intérieures de R-D de l'État (DIRDET) : Correspondent à la composante des DIRD engagées par des unités du secteur de l'État. Il s'agit des dépenses de R-D intra-muros engagées au sein du secteur de l'État au cours d'une période de référence donnée (OCDE, 2015b).

Dépenses intra-muros de recherche-développement du secteur de l'enseignement supérieur (DIRDES) : Correspondent à la composante des DIRD engagées par des unités du secteur de l'enseignement supérieur. Il s'agit des dépenses de R-D intra-muros engagées au sein du secteur de l'enseignement supérieur au cours d'une période de référence donnée (OCDE, 2015b).

Dépenses intra-muros en recherche-développement des entreprises (DIRDE) : Correspondent à la composante des DIRD engagées par les unités du secteur des entreprises. Il s'agit des dépenses de R-D intra-muros engagées au sein du secteur des entreprises au cours d'une période de référence donnée (OCDE, 2015b).

Développement expérimental : Travaux systématiques fondés sur des connaissances obtenues par la recherche et l'expérience pratique, qui produisent des connaissances supplémentaires, qui seront à leur tour consacrées à la création de nouveaux produits ou procédés ou à l'amélioration de produits ou procédés existants (OCDE, 2015b).

Flux de brevets : Le flux de brevets fournit une image partielle de la façon dont les brevets sont exploités au Canada. Un flux négatif signifie qu'il y a moins d'inventions brevetées appartenant à des détenteurs de brevet canadiens que d'inventions brevetées créées par des inventeurs canadiens.

Indice de collaboration (ICo) : L'ICo mesure, pour les publications en collaboration, le degré de collaboration d'une entité donnée avec une autre entité par rapport au nombre total de publications de cette entité (les pays produisant davantage de publications ont tendance à collaborer moins à l'échelle internationale, étant données leurs plus grandes possibilités de collaboration interne). Un indice de collaboration supérieur à 1,0 signifie que l'entité collabore plus que ce que laisserait présager sa production totale de publications.

Indice de croissance (ICr): L'ICr mesure la croissance des publications entre deux périodes (p. ex. entre 2003–2008 et 2009–2014 pour ce rapport) par rapport à la croissance dans une entité de référence (p. ex. le monde) pour la même période. Par exemple, si l'ICr du Canada est supérieur à 1,0 pour un domaine ou sous-domaine particulier, cela signifie que la production de publications au Canada dans ce domaine ou sous-domaine augmente plus vite que la moyenne mondiale.

Indice de spécialisation (IS) : Mesure de la concentration de la recherche pour une entité dans un domaine particulier. Un IS supérieur à 1,0 signifie que davantage de publications sont parues dans ce domaine ou sous-domaine que ce que donnerait la moyenne mondiale. Par exemple, si les publications sur la physique et l'astronomie représentent 10 % du total des publications d'un pays, mais seulement 5 % des publications mondiales, ce pays aura un IS élevé dans ce domaine. Inversement, un IS inférieur à 1,0 signifie que moins de recherche est produite que ce que donnerait la moyenne mondiale.

Infrastructure : Installations, matériel et infrastructure de recherche permettant aux chercheurs de repousser les frontières de la connaissance dans leur domaine.

Innovation : Mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures (OCDE/Eurostat, 2005).

Milieu académique : Regroupe l'ensemble des établissements d'enseignement postsecondaire, des universités, des collèges, des instituts de technologie, des cégeps et des écoles polytechniques, qui consacrent des dépenses intra-muros en recherche-développement pour le secteur de l'enseignement supérieur (DIRDES).

Médiane des citations relatives (MeCR) : La MeCR est un indice similaire à la MCR et constitue également une mesure de l'impact de la recherche selon les citations normalisées par domaine. Cependant, elle correspond à une médiane plutôt qu'à une moyenne. Elle fournit sans conteste une meilleure mesure de la tendance centrale dans la plupart des domaines de recherche, puisque la distribution des citations est généralement biaisée, un petit nombre de publications attirant un grand nombre de citations.

Moyenne des citations relatives (MCR) : Mesure l'impact des publications produites par une entité donnée révélé par le nombre de citations. Une MCR supérieure à 1,0 signifie que l'entité produit des publications plus souvent citées que la moyenne mondiale. Les MCR sont normalisées par type de publication, année et domaine de recherche. Tout comme d'autres mesures d'impact, elles sont moins fiables quand le domaine ou l'entité produit de faibles quantités de publications, car elles peuvent alors être influencées par des valeurs aberrantes.

Nombre de publications : Quantité de publications produites pour une entité donnée, comme un pays, une province ou un domaine de recherche. Le nombre de publications peut être calculé à partir de comptes entiers ou fractionnaires. Pour les comptes entiers, chaque publication est comptabilisée une fois pour chaque entité correspondant à un auteur. Par exemple, si une publication est écrite en collaboration par deux chercheurs de pays différents, elle sera comptabilisée une fois pour chaque pays. En ce qui concerne les comptes fractionnaires, chaque coauteur (et l'entité correspondante) est crédité d'une partie de la publication, selon le nombre d'auteurs. Dans l'exemple précédent, chaque chercheur (et pays) aurait droit à une demi-publication.

Petites et moyennes entreprises (PME) : Entreprises indépendantes qui comptent moins d'un certain nombre d'employés. Ce nombre varie d'un pays à l'autre. Le plafond le plus fréquent est de 250 employés, notamment dans l'Union européenne. Cependant, certains pays fixent la limite à 200 salariés, et les États-Unis quant à eux considèrent que les PME comprennent toutes les entreprises de moins de 500 salariés. Au Canada, les PME sont définies comme les entreprises de moins de 250 employés dont le revenu total est inférieur à 50 millions de dollars.

Produit intérieur brut (PIB) : Somme des valeurs ajoutées brutes des biens et de services produits dans un pays donné par l'ensemble des personnes qui y résident, y compris les services de distribution et de transport, en plus de toutes le taxes imposées sur les produits et services, moins toutes les subventions non comprises dans la valeur des produits (UNESCO, 2018).

Recherche appliquée : Étude originale entreprise en vue d'acquérir des connaissances nouvelles. Cependant, elle est surtout dirigée vers un but ou un objectif pratique déterminé (OCDE, 2015b).

Recherche-développement expérimental (R-D) : La R-D englobe les travaux de création entreprise de façon systématique en vue d'accroître la somme de connaissances — y compris la connaissance de l'homme, de la culture et de la société — et pour concevoir de nouvelles applications de cette somme de connaissance (OCDE, 2015b).

Recherche-développement industrielle (R-Di) : Activités de R-D et variables connexes exécutées par les entreprises et les organismes sans but lucratif industriels. Statistique Canada utilise ce terme pour collecter et présenter les données sur la R-D provenant du secteur privé. Synonyme des activités de R-D du secteur des entreprises auxquelles l'OCDE fait référence (voir DIRDE).

Recherche fondamentale : Travaux observationnels, expérimentaux ou théoriques entrepris principalement en vue d'acquérir de nouvelles connaissances sur les fondements des phénomènes et des faits observables, sans envisager une application ou une utilisation particulière (OCDE, 2015b).

Taux de croissance (TCr) : Le TCr correspond simplement au pourcentage de la variation de la production de publications entre les deux périodes; un TCr de 1,37, par exemple, indiquerait que la production a augmenté de 37 % entre les deux périodes.

Trois organismes : Les trois organismes regroupent les Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC), le Conseil national de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH).

Sélection d'abréviations et de sigles utilisés dans le rapport

CRSH	Conseil de recherches en sciences humaines du Canada
CRSNG	Conseil national de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
DIRD	Dépenses intérieures brutes en R-D
DIRDE	Dépenses intra-muros en R-D des entreprises
DIRDES	Dépenses intra-muros de R-D du secteur de l'éducation supérieure
DIRDET	Dépenses intérieures de R-D de l'État
FCI	Fondation canadienne de l'innovation
ICo	Indice de collaboration
ICr	Indice de croissance
ICRA	Institut canadien de recherches avancées
IRSC	Instituts de recherche en santé du Canada
ISDE	Innovation, Science et Développement économique Canada
IS	Indice de spécialisation
MCR	Moyenne de citations relatives
MeCR	Médiane des citations relatives
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OSBL	Organisme sans but lucratif
PIB	Produit intérieur brut
PMF	Productivité multifactorielle
R-D	Recherche et développement expérimental
S-T	Science et technologie
STGM	Science, technologie, génie et mathématiques
TCr	Taux de croissance

1

Introduction

- Mandat du comité d'experts
- Commentaire au sujet de la portée et de la terminologie
- Démarche et méthodologie de recherche
- Comparaison avec *L'examen du soutien fédéral aux sciences*
- Structure du rapport

1 Introduction

Le Canada est l'auteur de contributions durables dans pratiquement tous les domaines de la recherche, grâce auxquelles il a repoussé les frontières de la connaissance et a amélioré le bien-être de l'humanité. Un exemple bien connu de sa contribution en médecine est la découverte de l'insuline par Frederick Banting et Charles Best en 1922; plus tard, Freda Miller découvrira que la peau peut constituer une source viable de cellules souches. Sur le plan technologique, l'invention du dispositif à transfert de charge par Willard Boyle au laboratoire Bell Labs a rendu possible la technologie d'imagerie utilisée dans les caméras numériques d'aujourd'hui. Les chercheurs canadiens ont permis des progrès dans les domaines de la tectonique des plaques (John Tuzo Wilson dans les années 1970), de la météorologie (révolutionnée par les travaux de Roger Daley sur les systèmes de prévision informatiques), de la chimie (travaux de Gerhard Hertzberg sur les radicaux libres), des études historiques (enseignements de Margaret MacMillan sur les relations internationales) et de la physique (travaux d'Arthur McDonald sur les neutrinos). Ils ont aussi pris part au développement de technologies emblématiques qui ont transformé la société, comme le téléphone et le téléphone intelligent, le stimulateur cardiaque ou l'écran tactile. De leur côté, les communautés de jeunes entreprises technologiques fleurissent dans de nombreuses villes canadiennes, tirant parti des progrès de la recherche et mettant en marché de nouveaux produits, procédés et services.

En dépit de ce passé riche en réussites, le Canada ne peut se permettre de tenir pour acquise sa place dans le paysage mondial de la recherche et du développement expérimental (R-D) et de l'innovation. La plupart des pays savent aujourd'hui à quel point leur compétitivité et leur prospérité future dépendent (i) du degré auquel ils renforcent et maintiennent leur capacité à participer à la découverte, au développement et à l'innovation de pointe; (ii) d'une main-d'œuvre possédant les compétences et les connaissances nécessaires pour mettre en pratique et adopter les toutes dernières idées et technologies. Il ne s'agit pas seulement de détenir des compétences techniques, mais aussi de connaître et de comprendre le contexte social, économique, culturel et politique dans lequel les nouvelles idées sont adoptées et les défis sociaux pressants auxquels ils font face. Les économies émergentes voient le développement de leur potentiel en R-D et en innovation comme essentiel à la poursuite de leur croissance économique. Cette conviction se manifeste avec éclat dans l'accroissement rapide de la production et de l'impact de la recherche en Chine depuis deux décennies. Avec la mondialisation croissante de la R-D et de l'innovation, un bassin de plus en plus vaste d'établissements lutte pour attirer les meilleurs chercheurs afin de profiter des bienfaits de l'innovation et d'améliorer le bien-être des citoyens.

Faire en sorte que le Canada demeure compétitif dans le paysage mondial de la R-D et de l'innovation exige également d'évaluer périodiquement les toutes dernières données probantes sur ses performances en la matière. Les personnes chargées d'élaborer les politiques sur la recherche et l'innovation doivent avoir accès à un large éventail de renseignements, de données et d'indicateurs pour les aider, de la mesure des tendances en matière de recherche et de technologie aux indicateurs du contexte commercial de l'innovation (NRC, 2014). Les différences régionales et la répartition géographique en ce qui a trait à la R-D et à l'innovation sont des éléments primordiaux, surtout au sein d'une fédération qui s'étend sur un vaste territoire. Pour soutenir au mieux l'innovation, les politiques doivent refléter le réseau complexe de facteurs qui influent sur l'ampleur de la mobilisation de la R-D pour produire des bienfaits économiques et sociaux. La première exigence pour améliorer le rendement du Canada en R-D et en innovation est par conséquent de comprendre les tendances nationales et régionales et comment ces tendances se situent dans le contexte mondial.

1.1 MANDAT DU COMITÉ D'EXPERTS

À la demande du ministre de l'Industrie, le Conseil des académies canadiennes (CAC) a publié deux rapports intitulés *L'état de la science et de la technologie au Canada*, le premier en 2006 (CAC, 2006) et le second en 2012 (CAC, 2012a). Ces deux rapports fournissent un instantané de l'époque de la science et technologie (S-T), c'est-à-dire de la S-T englobant l'activité canadienne dans tous les domaines de la recherche et du développement technologique, soit les sciences naturelles et les mathématiques, les sciences de la santé, le génie, les sciences humaines et les arts et le design. En 2012, le ministre de l'Industrie a demandé au CAC d'évaluer séparément l'état de la recherche-développement industrielle (R-Di) au Canada (c.-à-d., la R-D réalisée dans le secteur privé), ce qui a conduit à la publication de *L'état de la R-Di au Canada* en 2013 (CAC, 2013b)[1].

En juin 2016, la ministre des Sciences a chargé le CAC de mettre à jour ses précédentes évaluations de la S-T et de la R-Di au Canada. Le CAC a alors constitué un nouveau comité d'experts sur l'état de la science et technologie et de la recherche-développement industrielle au Canada, dont le mandat combinait ceux de 2012 et de 2013 et qui avait pour tâche de répondre à la question et aux sous-questions suivantes :

1 Ces rapports sont appelés *rapport sur la S-T 2006*, *rapport sur la S-T 2012* et *rapport sur la R-Di 2013*, respectivement, dans le présent rapport.

Quel est l'état actuel de la science et de la technologie (S-T) et de la recherche-développement industrielle (R-Di) au Canada?

- *Compte tenu des 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 points forts sont-ils géographiquement répartis dans le pays? Comment se situent-ils par rapport à ce qui se fait dans des pays comparables?*

- *Dans quelles disciplines scientifiques et applications technologiques le Canada a-t-il connu les plus grandes améliorations ou les plus importants déclins au cours des cinq dernières années? Quelles tendances principales sont ressorties, et pourquoi? Quelles disciplines scientifiques et applications technologiques pourraient devenir des atouts de premier plan pour le Canada?*

- *Quels sont les points forts actuels du Canada en R-Di? Comment se répartissent-ils selon les secteurs d'activité et les régions du pays? Comment se situent-ils par rapport à ce qui se fait dans des pays comparables?*

- *Dans quelles disciplines scientifiques et applications technologiques les points forts du Canada correspondent-ils le mieux aux principaux secteurs économiques et aux besoins de l'industrie du pays?*

- *Quels principaux obstacles et lacunes de connaissances empêchent de traduire en innovation et en création de richesse les points forts du Canada en S-T?*

Le comité, composé de personnes offrant une vaste expertise multidisciplinaire et multisectorielle, s'est réuni quatre fois en personne et plusieurs autres fois par téléconférence pour cerner, évaluer et interpréter les données probantes et discuter de son mandat. Ce rapport est le produit final de ses délibérations.

1.2 COMMENTAIRE AU SUJET DE LA PORTÉE ET DE LA TERMINOLOGIE

Les termes tels que *science*, *recherche-développement*, *technologie* et *innovation* sont d'usage courant, mais aussi fréquemment source de confusion. Dans le rapport sur la S-T 2006, le terme *science et technologie*, ou *S-T*, renvoie aux travaux de recherche et aux avancées technologiques concernant tous les domaines d'étude (y compris les sciences humaines et les arts) et l'ensemble des activités, de la recherche fondamentale au développement technologique (CAC, 2006). En 2012 et en 2013, le gouvernement fédéral ayant adressé deux demandes distinctes au CAC, on a considéré la S-T comme se déroulant principalement dans le secteur de l'enseignement supérieur, alors que la R-Di s'effectuait dans le secteur privé.

Tout en respectant la nécessité d'assurer une continuité dans le suivi du rendement du Canada en matière de recherche, le comité d'experts a cette fois-ci adopté des termes essentiels différents. L'association exclusive du terme S-T avec à la recherche académique est problématique et constitue une conséquence involontaire de la division créée en 2012 et en 2013 par les deux demandes du gouvernement. La S-T est aussi parfois associée de façon restrictive aux sciences naturelles, aux sciences de la santé et au génie (particulièrement en ce qui concerne la recherche fondamentale). Cette appellation ne convient donc pas à une évaluation incluant les sciences humaines et les arts. Pour ce rapport, le comité a donc opté pour l'emploi du terme plus inclusif de *recherche et développement expérimental* (R-D), car il jugeait que cet usage est plus cohérent avec les toutes dernières pratiques internationales[2].

Comme pour la *S-T* dans les précédents rapports, la *R-D* est comprise ici comme incluant l'ensemble complet des activités de recherche au Canada, qui s'étendent à tous les domaines d'étude, englobent toutes les étapes de la recherche et du développement technologique et sont effectuées dans tous les secteurs (c.-à-d. milieu académique, gouvernement, industrie et organismes sans but lucratif). Afin d'analyser des données comparables à l'échelle internationale, le comité d'experts s'est appuyé sur la définition technique standard de *R-D* et des termes connexes (p. ex. recherche fondamentale, recherche appliquée) fournie par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (encadré 1.1)[3].

La dernière sous-question soumise au comité d'experts fait aussi référence à l'innovation. Si cette dernière n'est pas au centre du rapport, le comité avait pour mandat d'étudier comment les points forts du Canada en R-D se traduisent en innovation et en création de richesse. Il est crucial de reconnaître que la R-D et l'innovation ne sont pas synonymes. Au niveau le plus élémentaire, l'innovation consiste en l'introduction de nouveaux produits, procédés, méthodes organisationnelles ou méthodes de marketing. La majeure partie de l'innovation n'est pas reliée à la R-D ou à la technologie, comme dans le cas de la réorganisation interne d'une entreprise qui en accroît l'efficacité. La R-D et l'innovation sont toutefois liées, car la R-D est un intrant et un élément moteur de l'innovation (c.-à-d. par la conception de nouvelles technologies qui

2 Cette démarche terminologique est également cohérente avec l'emploi de *recherche* par le Comité consultatif de *L'examen du soutient fédéral aux sciences*, qui englobe la science et les autres domaines du milieu académique (Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale, 2017).

3 Pour la même raison, le terme *recherche fondamentale* a été préféré à des synonymes comme *recherche motivée par la découverte*.

forment la base de nouveaux produits, services et procédés)[4]. Dans ses discussions, le comité a adopté une interprétation large et inclusive de l'innovation, tout en s'appuyant également sur les données et les définitions normalisées de l'OCDE pour les comparaisons internationales. Le chapitre 6 renferme un examen détaillé de la relation entre la R-D, l'innovation et la création de richesse.

Encadré 1.1
Définition de R-D et d'innovation de l'OCDE

Recherche et développement expérimental (R-D) : La R-D englobe les travaux de création entrepris de façon systématique en vue d'accroître la somme de connaissances — y compris la connaissance de l'homme, de la culture et de la société — et pour concevoir de nouvelles applications de cette somme de connaissance.

- **Recherche fondamentale :** Travaux observationnels, expérimentaux ou théoriques entrepris principalement en vue d'acquérir de nouvelles connaissances sur les fondements des phénomènes et des faits observables, sans envisager une application ou une utilisation particulière.
- **Recherche appliquée :** Étude originale entreprise en vue d'acquérir des connaissances nouvelles. Cependant, elle est surtout dirigée vers un but ou un objectif pratique déterminé.
- **Développement expérimental :** Travaux systématiques fondés sur des connaissances obtenues par la recherche et l'expérience pratique, qui produisent des connaissances supplémentaires, qui seront à leur tour consacrées à la création de nouveaux produits ou procédés ou à l'amélioration de produits ou procédés existants.

Innovation : Mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures.

Tiré d'OCDE, 2015b; OCDE/Eurostat, 2005

4 La R-D est parfois classée parmi les *activités d'innovation*, aux côtés d'autres opérations telles que l'investissement en immobilisations et la formation. Les intrants de l'innovation qui ne correspondent pas à la R-D sont généralement peu mesurés, ce qui constitue une des raisons pour lesquelles les deux concepts sont couramment confondus. NASEM (2017) propose un examen récent des défis posés par la mesure de l'innovation et des concepts connexes.

1.3 DÉMARCHE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Durant la rédaction du rapport, le comité d'experts s'est appuyé sur les données probantes issues de multiples sources, notamment d'un examen des publications et de chiffres provenant d'organismes statistiques et d'organisations comme Statistique Canada et l'OCDE. Il s'est également servi d'études et de rapports pertinents définis au moyen d'un processus itératif fondé sur les références essentielles déterminées par les membres du comité, notamment d'articles académiques tirés de revues examinées par des pairs, de rapports ministériels et d'organisations internationales (c.-à-d. de la documentation parallèle) et d'études crédibles réalisées par des organismes sans but lucratif (OSBL), des consultants et des associations sectorielles. Le comité a également eu recours à un examen formel par des pairs pour s'assurer de la qualité, de la rigueur et de l'objectivité de son rapport. Les 11 examinateurs ont de plus formulé des commentaires, qui ont tous été pris en considération par le comité et dont beaucoup ont mené à l'ajout de nouvelles données probantes.

Afin de permettre des comparaisons internationales, le comité d'experts s'est concentré sur les pays de l'OCDE et sur les pays en développement comptant parmi les 20 plus gros producteurs de publications de recherche examinées par des pairs, comme la Chine, l'Inde, le Brésil, l'Iran et la Turquie. Les pays mentionnés varient cependant d'un tableau ou d'une figure à l'autre en fonction des données disponibles. Par exemple, pour les dépenses de R-D et les variables connexes, les données provenant d'Inde, d'Iran et de Turquie sont souvent insuffisantes. Pour certaines séries, certains pays sont omis en raison des différences entre les méthodes employées par les organismes nationaux pour recueillir les données.

Outre l'examen des publications, l'évaluation du comité a été éclairée par deux méthodes de recherche principales :

- Une analyse bibliométrique et technométrique exhaustive des publications de recherche et des brevets canadiens;
- Une enquête menée auprès des chercheurs les plus cités de partout dans le monde.

1.3.1 Analyse bibliométrique et technométrique

S'appuyant sur le rapport sur la S-T 2012, le comité d'expert a effectué une analyse exhaustive des publications de recherche au Canada entre 2003 et 2014. Les données ont été extraites de la base Scopus d'Elsevier et analysées par Science-Metrix en juillet et août 2016. Scopus a été choisie en raison de l'immense étendue des publications en sciences sociales et en sciences humaines,

dont des chapitres et des séries d'ouvrages, qu'elle contient[5]. L'analyse a reposé sur une taxonomie des domaines de recherche élaborée par Science-Metrix et constituée de 22 domaines et 176 sous-domaines (tableau A.1 en appendice)[6]. Afin de pouvoir établir des tendances dans le temps, l'analyse a été conçue de façon à être comparable avec celle entreprise pour le rapport sur la S-T 2012. Elle repose sur la même source de données, la même taxonomie et, majoritairement, sur les mêmes indicateurs, même si des données ont été constituées pour certains nouveaux indicateurs.

Le CAC a commandé une analyse des tendances canadiennes en matière de brevets basée sur les données provenant du Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis (USPTO). Le USPTO a été choisi à la fois pour permettre les comparaisons avec les précédentes analyses et parce que c'est principalement auprès de lui que sont enregistrés les brevets canadiens[7]. L'analyse de ces renseignements porte sur des indicateurs semblables à ceux calculés pour les données bibliométriques, dont la mesure de l'impact (p. ex. moyenne des citations relatives, ou MCR) d'après les citations de brevets[8].

Les résultats de ces analyses, ainsi que des renseignements additionnels sur les indicateurs utilisés et les limites des données, sont présentés dans le chapitre 3 et en appendice.

1.3.2 Enquête internationale auprès des chercheurs les plus cités

La seconde source de données probantes utilisée est une enquête menée auprès des chercheurs les plus cités de partout dans le monde. Tout comme pour le rapport sur la S-T 2012, le CAC s'est efforcé de connaître la perception que les chercheurs les plus cités ont de la force de la recherche canadienne par rapport à celle d'autres pays, dans leur domaine ou sous-domaine. En août 2016, il a transmis avec l'aide d'EKOS Research un questionnaire aux auteurs du 1 % des articles de revue les plus cités dans leur domaine entre 2004 et 2013 (appelés dans le rapport *chercheurs les plus cités*). Ce questionnaire a été

5 Les données de Scopus utilisées pour cette étude comprennent trois types de publication : les articles de revue examinés par des pairs, les actes de conférence et les séries d'ouvrages. Les articles de revue représentent 80 % des publications et les actes de conférences 16 %, les séries d'ouvrages constituant le restant.

6 L'appendice du rapport se trouve sur le site Web du CAC, au www.sciencepourlepublic.ca.

7 Pour la période 2010–2015, près de 38 000 brevets appartenaient à des organisations et des individus canadiens dans la base de données du USPTO, contre environ 17 000 dans la base de données de l'Office de la propriété intellectuelle du Canada (OPIC) et environ 6 400 dans celle de l'Office européen des brevets.

8 Bien qu'ils soient utiles pour l'analyse quantitative des tendances en R-D, les brevets ne constituent qu'une mesure parmi d'autres de la production de R-D appliquée et de la propriété intellectuelle. Le chapitre 4 analyse également les données concernant les marques de commerce, les droits d'auteur et les dessins industriels.

envoyé à 41 470 chercheurs de tous les pays, et 5 547 réponses complètes ont été reçues. Les résultats de l'enquête et leurs limites sont examinés en détail au chapitre 3 et le questionnaire complet est disponible sur demande.

1.4 COMPARAISON AVEC L'EXAMEN DU SOUTIEN FÉDÉRAL AUX SCIENCES

Le 10 avril 2017, un comité d'experts indépendant formé par le gouvernement du Canada a publié un examen du soutien fédéral aux sciences fondamentales sous le titre *Investir dans l'avenir du Canada* (appelé dans le rapport *L'examen du soutien fédéral aux sciences*) (Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale, 2017). Ce comité consultatif, présidé par David Naylor, a fourni une évaluation approfondie de la performance du Canada en matière de recherche en science fondamentale et ses mécanismes de soutien institutionnel et financier sous-jacents. Il a également formulé un certain nombre de recommandations au gouvernement, dont la création d'un conseil consultatif national sur la recherche et l'innovation et un accroissement immédiat et soutenu du financement fédéral à la recherche indépendante dirigée par des chercheurs.

Ce rapport du CAC a des points communs avec *L'examen du soutien fédéral aux sciences*. Par exemple, les deux rapports évaluent les tendances récentes concernant l'investissement dans la R-D au Canada et en arrivent à des conclusions similaires sur les menaces qu'elles posent. Tous deux évaluent la performance en matière de recherche du Canada. *L'examen du soutien fédéral aux sciences* a tiré parti des données préliminaires rassemblées pour la présente évaluation, qui ont été publiées sous forme de mise à jour préliminaire des données en décembre 2016 (CAC, 2016). Une grande partie de ces données sont reproduites dans ce rapport, bien qu'elles y soient complétées par des données d'analyse et par des données additionnelles sur les brevets et autres formes de production de la recherche. Même s'il y a des différences mineures d'interprétation des données entre les deux rapports, les principaux résultats et tendances sont cohérents et parlent d'eux-mêmes.

Le Comité consultatif de *L'examen du soutien fédéral aux sciences* était chargé d'évaluer le soutien fédéral à la science fondamentale et c'est ce qu'il a fait au moyen d'un examen exhaustif des programmes pertinents des conseils subventionnaires et autres organisations. Par contre, le comité d'experts du CAC n'avait pas pour mandat d'évaluer l'efficacité ou l'adéquation du soutien fédéral à la recherche et n'a pas tenté de les mesurer. Il s'est aussi abstenu d'étudier les questions de gouvernance liées au soutien institutionnel à la science et, conformément aux habitudes du CAC, n'a pas formulé de recommandation sur la politique. Toutefois, son évaluation propose une analyse des programmes

fédéraux de partenariat de recherche, des tendances régionales en ce qui a trait à la performance de la R-D canadienne et des obstacles à la traduction de la recherche en innovation et en création de richesse — des sujets que n'aborde pas *L'examen du soutien fédéral aux sciences*. Ces rapports sont donc complémentaires et fournissent ensemble des renseignements englobant la plupart des aspects de la R-D et de l'innovation actuelles au Canada.

1.5 STRUCTURE DU RAPPORT

Le reste du rapport est structuré de la façon suivante : le **chapitre 2** passe en revue les tendances relatives à l'investissement et à la capacité en recherche au Canada, y compris les mesures touchant l'infrastructure, les gens et les partenariats. Le **chapitre 3** étudie les données probantes sur la production et l'impact de la recherche au Canada, comme les tendances dans la production de publications et de brevets et leur incidence mesurée par le nombre de citations dont ils font l'objet. Il définit également les points forts du Canada en matière de recherche et décrit les données probantes sur la réputation internationale du Canada à l'aide de résultats d'enquêtes. Le **chapitre 4** compare le Canada avec les pays du G7 et d'autres pays de l'OCDE en ce qui concerne les dépenses industrielles en R-D appliquée, le dépôt de brevets et la productivité. Il cerne les domaines dans lesquels la R-Di canadienne est forte et dresse le profil des quatre secteurs déterminés comme points forts dans le rapport sur la R-Di 2013. Le **chapitre 5** examine les mêmes tendances, mais dans une perspective régionale, et définit les caractéristiques de la répartition des activités de recherche au Canada entre les provinces et les établissements. Le **chapitre 6** évalue les données probantes sur la traduction des points forts de la R-D canadienne en innovation et en création de richesse et se penche sur les obstacles à ce processus. Enfin, le **chapitre 7** résume les conclusions du comité d'experts relatives aux questions de son mandat.

2

Investissement et capacité en R-D

- Investissement dans la R-D
- Éducation et personnel de R-D
- Infrastructure de R-D
- Conclusion

2 Investissement et capacité en R-D

Principales constatations

La baisse de l'investissement dans la R-D nuit au statut international du Canada.

- Les dépenses de R-D totales du Canada n'ont pratiquement pas augmenté entre 2006 et 2015 et la part de la R-D dans le PIB a constamment baissé depuis 2001. Le Canada devrait plus que doubler ses dépenses pour que l'intensité de la R-D atteigne le niveau qu'elle a dans les pays situés en tête de peloton.
- La principale cause de cette situation est la faiblesse et la baisse des dépenses de R-D des entreprises; cependant, la R-D gouvernementale diminue aussi en termes réels.
- Si elles sont encore élevées par rapport à la plupart des pays, les dépenses de R-D dans le secteur de l'enseignement supérieur ont augmenté plus lentement que la moyenne de l'OCDE entre 2006 et 2015.

Les dépenses de R-D sont plus concentrées dans le secteur de l'enseignement supérieur au Canada que dans les autres pays de l'OCDE.

- Bien que la part de la R-D effectuée par le secteur de l'enseignement supérieur financée par les entreprises soit relativement élevée et que le nombre de partenariats de recherche entre le milieu académique et les entreprises soit en hausse, l'investissement total consacré par les entreprises à la R-D dans ce secteur n'a pas augmenté depuis 2007.

Le Canada se compare favorablement avec les autres pays dans la plupart des critères de compétences en recherche et d'instruction, mais le nombre de spécialistes de la R-D employés dans l'industrie diminue.

- La population du Canada possède le plus haut niveau d'instruction de l'OCDE, mais dans les cohortes les plus jeunes (25 à 34 ans), le Canada est maintenant dépassé par le Japon et la Corée du Sud.
- Le nombre de chercheurs à temps plein au Canada a augmenté de façon modeste entre 2004 et 2012, mais la taille de l'effectif de R-D dans les entreprises a chuté de 20 % entre 2008 et 2013.

Le Canada continue à abriter une infrastructure, des installations et des programmes parmi les meilleurs au monde dans de nombreux domaines de recherche, mais la baisse de l'investissement dans la R-D affaiblira la compétitivité de l'infrastructure de recherche au pays.

- Des chercheurs les plus cités interrogés, 60 % ont répondu que le Canada abritait des programmes et une infrastructure parmi les meilleurs au monde dans leur domaine, une hausse de 4 points de pourcentage par rapport à 2012.

Le présent chapitre compare l'investissement et la capacité en R-D au Canada par rapport aux pays pairs et souligne les principales tendances et leurs conséquences. Selon le comité d'experts, la capacité d'un pays à effectuer de la R-D de premier plan repose sur trois piliers :

- *Investissement :* un afflux d'investissement en R-D adéquat et durable;
- *Gens :* des chercheurs, des techniciens et du personnel dotés des compétences et de l'expérience nécessaires pour effectuer de la recherche d'avant-garde et adopter les toutes dernières technologies;
- *Infrastructure :* des installations et du matériel de recherche capable de soutenir les chercheurs qui repoussent les frontières de la connaissance dans leur domaine.

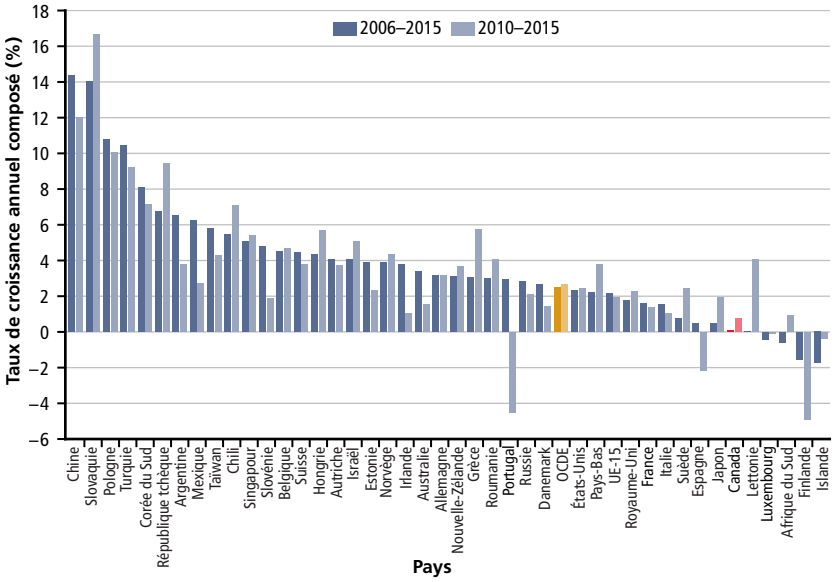
Les sections qui suivent passent en revue les données probantes sur l'état de ces piliers au Canada à l'aide de données récentes recueillies par Statistique Canada et par l'OCDE.

2.1 INVESTISSEMENT DANS LA R-D

La plupart des pays voient désormais l'investissement national dans la R-D comme vital pour leur compétitivité économique. Selon le U.S. National Science Board, les dépenses mondiales en R-D ont doublé entre 2003 et 2013, passant de 836 milliards de dollars US à environ 1,67 billion (NSB, 2016). Elles ont augmenté à un rythme annuel de 5,7 % entre 2008 et 2013 et de 7,2 % entre 2003 et 2013. La croissance des dépenses de R-D en Chine a été particulièrement colossale, avec une moyenne annuelle de 19,5 % entre 2008 et 2013. En 2013, ce pays représentait environ 20 % des dépenses mondiales de R-D, ce qui constitue un changement radical du paysage de la R-D planétaire. En revanche, la part des États-Unis et de l'Europe a baissé, malgré une croissance annuelle d'environ 5 % entre 2003 et 2013 (NSB, 2016).

Le contraste entre la tendance mondiale et la tendance canadienne est saisissant. Les dépenses totales de R-D au Canada (dépenses intérieures brutes en recherche-développement, ou DIRD) s'élevaient à 31,8 milliards de dollars (StatCan, 2017g) en 2015. Cependant, corrigées en fonction de l'inflation, elles sont pratiquement demeurées stables entre 2006 et 2015 (figure 2.1). Le Canada est un des seuls pays de l'OCDE[9] dont le taux de croissance annuel composé soit pratiquement nul pour cette période. Par comparaison, l'investissement total en R-D dans les pays de l'OCDE a augmenté à un rythme de 2,5 % par an durant la même période (OCDE, 2016a).

9 L'OCDE regroupe l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Chili, la Corée du Sud, le Danemark, l'Espagne, l'Estonie, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, Israël, l'Italie, le Japon, la Lettonie, le Luxembourg, le Mexique, la Nouvelle-Zélande, la Norvège, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovaquie, la Slovénie, la Suède, la Suisse et la Turquie.



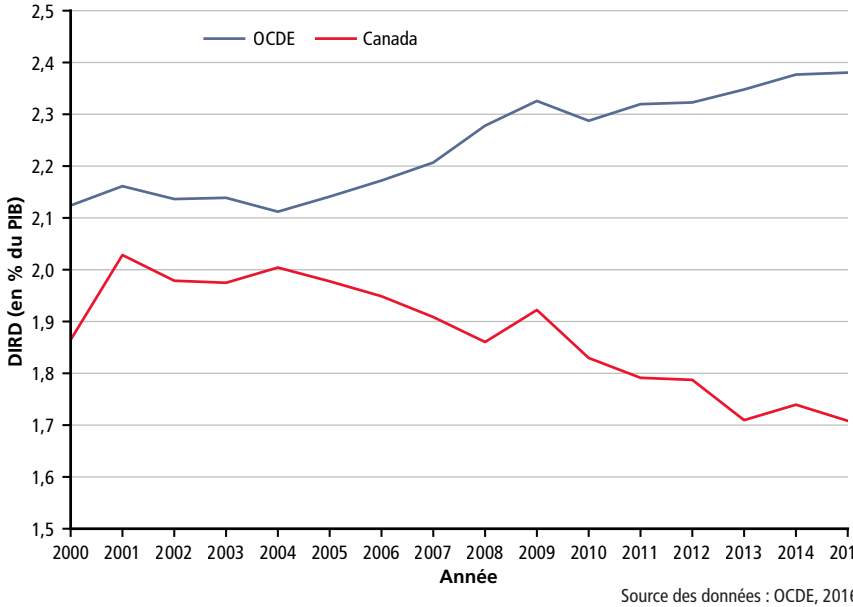
Source des données : OCDE, 2016a

Figure 2.1

Croissance annuelle composée des dépenses de R-D par pays, 2006–2015

Le Canada est l'un des rares pays de l'OCDE à n'avoir enregistré pratiquement aucune croissance des dépenses de R-D entre 2006 et 2015. En moyenne, elles ont augmenté de 0,1 % par an durant la période, contre 2,5 % dans l'OCDE. Le taux de croissance correspond à la croissance annuelle composée des DIRD en prix constants (c.-à-d. corrigées en fonction de l'inflation). L'UE-15 regroupe l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, la Finlande, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Italie, le Luxembourg, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni et la Suède.

L'intensité de la R-D — la part de la R-D par rapport au produit intérieur brut (PIB) — au Canada a également continué à baisser, car l'investissement dans la R-D n'a pas suivi le rythme de la croissance économique. Le ratio investissement national en R-D–PIB a diminué de 2,0 % en 2001 à 1,7 % en 2015. Dans le même temps, l'écart entre le Canada et les autres pays de l'OCDE s'est creusé (figure 2.2). En 2015, le niveau d'investissement dans la R-D des chefs de file mondiaux (Israël et la Corée du Sud) dépassait 4 % du PIB, alors que la moyenne de l'OCDE était de 2,4 %. Pour mettre ces chiffres en perspective, si les dépenses nationales de R-D du Canada devaient doubler instantanément, elles atteindraient approximativement le niveau actuel d'investissement dans la R-D (en pourcentage du PIB) de la Suisse, du Japon et de la Suède, et seraient toujours inférieures à celui d'Israël et de la Corée du Sud.



Source des données : OCDE, 2016a

Figure 2.2

Intensité de la R-D au Canada et dans les pays de l'OCDE, 2000–2015

L'intensité de la R-D (DIRD en pourcentage du PIB) a constamment baissé au Canada depuis son sommet de 2001. Dans les pays de l'OCDE, cependant, les dépenses de R-D par rapport au PIB ont continué à augmenter. La moyenne y est à présent de 2,4 % et les grands pays affichent une intensité de la R-D supérieure à 4 %. À noter que les DIRD au Canada pour 2014 et 2015 sont fondées sur la nouvelle méthodologie de Statistique Canada et que la hausse entre ces deux années est probablement due à l'introduction de cette méthodologie.

2.1.1 Tendances en matière d'investissement par organisme de recherche

Les dépenses de R-D sont bien plus concentrées dans le secteur de l'enseignement supérieur au Canada qu'en général dans les pays de l'OCDE et dans les autres pays pairs (figure 2.3). Par rapport au PIB, la proportion de la R-D effectuée dans ce secteur au Canada était de 0,66 % en 2015, contre 0,42 % en moyenne dans l'OCDE. Le Canada se classait au septième rang des pays de l'OCDE à ce critère en 2015 et premier au sein du G7 (OCDE, 2016a). Inversement, le volume de R-D réalisée par le secteur des entreprises au Canada est bien moindre que dans les pays pairs. En proportion du PIB, les dépenses intra-muros en R-D des entreprises (DIRDE) au Canada en 2015 étaient à peine supérieures à la moitié de la moyenne des pays de l'OCDE et du G7 (Canada exclu) et équivalaient à moins d'un tiers de celles des pays du groupe de tête, comme la Corée du Sud. À ce critère, le Canada se classait au 20e rang en 2015 au sein de l'OCDE (OCDE, 2016a). La proportion de la R-D effectuée par le gouvernement fédéral canadien est également faible, elle correspond à environ 60 % de la

moyenne de l'OCDE (figure 2.3). La prépondérance de la R-D réalisée dans le secteur de l'enseignement supérieur au Canada s'explique partiellement par le fait qu'une part relativement grande de la R-D universitaire est financée par l'industrie (figure 2.4). Cependant, même si l'on prend cette particularité en compte, l'investissement total dans la R-D des entreprises canadiennes reste inférieur à la moyenne de l'OCDE.

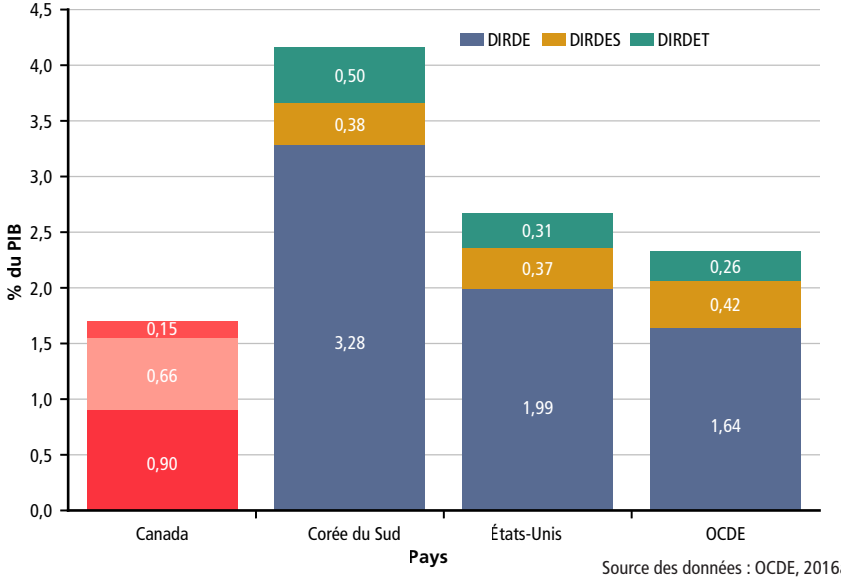
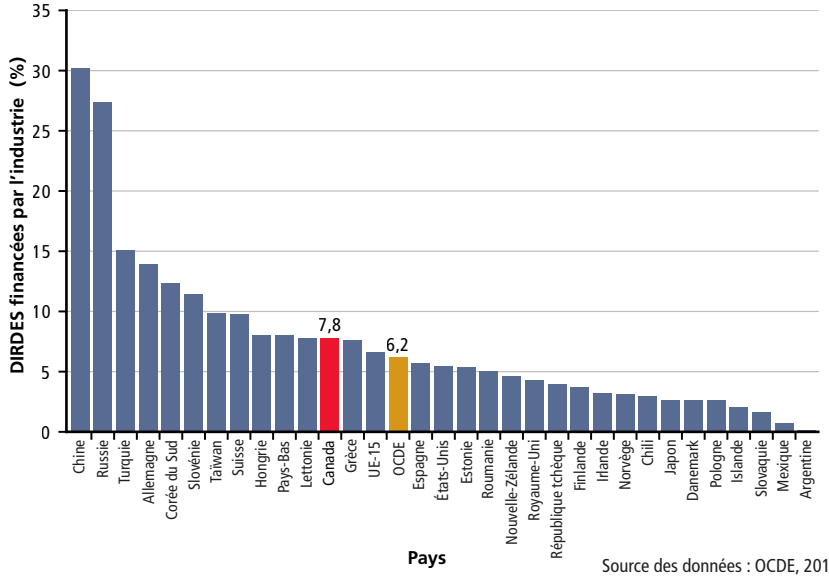


Figure 2.3

DIRDE, DIRDES et DIRDET en pourcentage du PIB pour les pays sélectionnés, 2015

Les dépenses de R-Di canadiennes sont particulièrement basses en proportion du PIB, tout comme les dépenses de R-D de l'État. En revanche, le niveau des dépenses de R-D du Canada dans le secteur de l'enseignement supérieur demeure supérieur à ce qu'il est dans la plupart des pays de l'OCDE. Les DIRDET sont les dépenses intérieures de R-D de l'État. Les montants correspondent au secteur dans lequel la R-D est effectuée.

Au Canada, les tendances récentes ont amplifié ces différences dans les dépenses de R-D, l'écart le plus prononcé apparaissant dans le secteur des entreprises. Si l'on tient compte de l'inflation, la R-D effectuée par les firmes canadiennes a augmenté d'environ 1 % par an entre 2010 et 2015, contre une hausse moyenne de 3,5 % dans les pays de l'OCDE (figure 2.5). Même si l'investissement dans la R-D a augmenté dans le secteur de l'enseignement supérieur canadien durant cette période, la performance du Canada commence aussi à reculer dans ce domaine, la croissance étant passée au-dessous de la moyenne de l'OCDE entre 2006 et 2015. Le Canada a également chuté au classement de l'investissement dans la R-D dans le secteur de l'enseignement supérieur en pourcentage du PIB au cours de la dernière décennie (OCDE, 2016a).

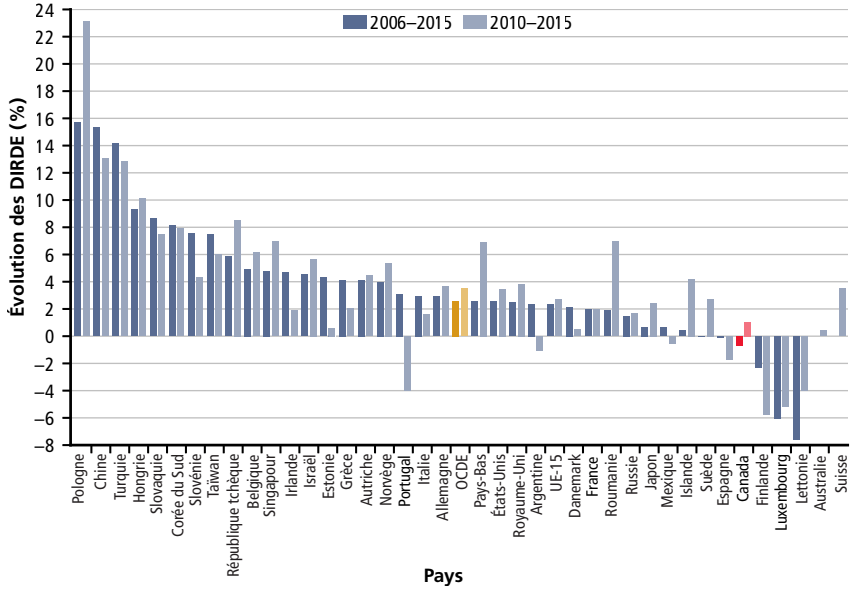


Source des données : OCDE, 2016a

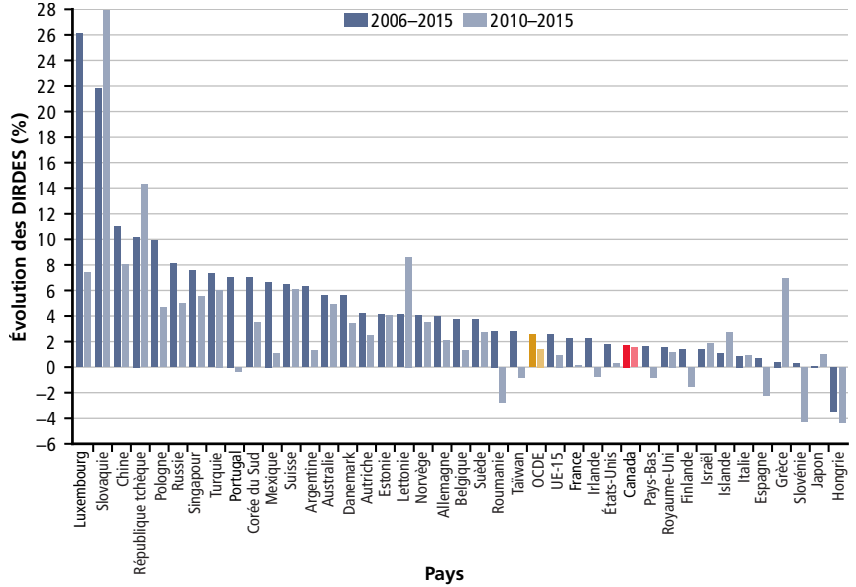
Figure 2.4

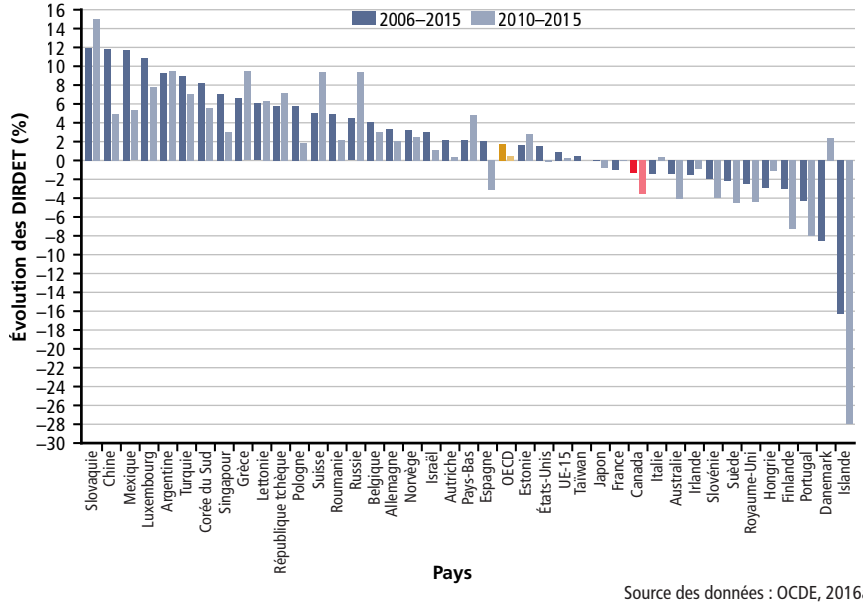
Pourcentage des DIRDES financées par l'industrie, 2015

Au Canada, l'industrie finance une portion relativement élevée de la R-D du secteur de l'enseignement supérieur. Elle assurait environ 7,8 % du financement total en 2015, soit 1,6 point de pourcentage de plus que la moyenne des pays de l'OCDE.



suite à la page suivante





Source des données : OCDE, 2016a

Figure 2.5

Taux de croissance annuel composé (TCAC) des DIRDE, DIRDES et DIRDET, 2006–2015

Corrigées en fonction de l'inflation, les DIRDE ont continué à baisser ces dernières années, faisant du Canada l'un des rares pays de l'OCDE dont la croissance des dépenses de R-D est négative dans le secteur. Par comparaison, les DIRDES ont connu une légère hausse, selon un taux toutefois inférieur à la moyenne de l'OCDE depuis 2006 (en dollars US constants de 2010 corrigés en fonction de la parité de pouvoir d'achat). À noter que le TCAC des DIRDE au Canada devrait être interprété avec prudence en raison des changements apportés par Statistique Canada à la méthodologie de collecte de ces dépenses entre 2013 et 2014.

La R-D effectuée par le gouvernement (c.-à-d. la R-D réalisée dans les centres de recherche et les laboratoires gouvernementaux) a décliné entre 2010 et 2015 (figure 2.5). Après prise en compte de l'inflation, la R-D fédérale et la R-D provinciale ont chuté de 16 et 20 %, respectivement (StatCan, 2017h). Les gouvernements financent également la R-D dans d'autres secteurs. Si l'on étudie l'ensemble de la R-D financée par les gouvernements en pourcentage du PIB, le Canada affiche toujours un rendement inférieur à la moyenne de l'OCDE. Les investissements gouvernementaux totaux dans la R-D par rapport à la taille de l'économie ont baissé de 0,64 % en 2010 à 0,56 % en 2015 (OCDE, 2016a).

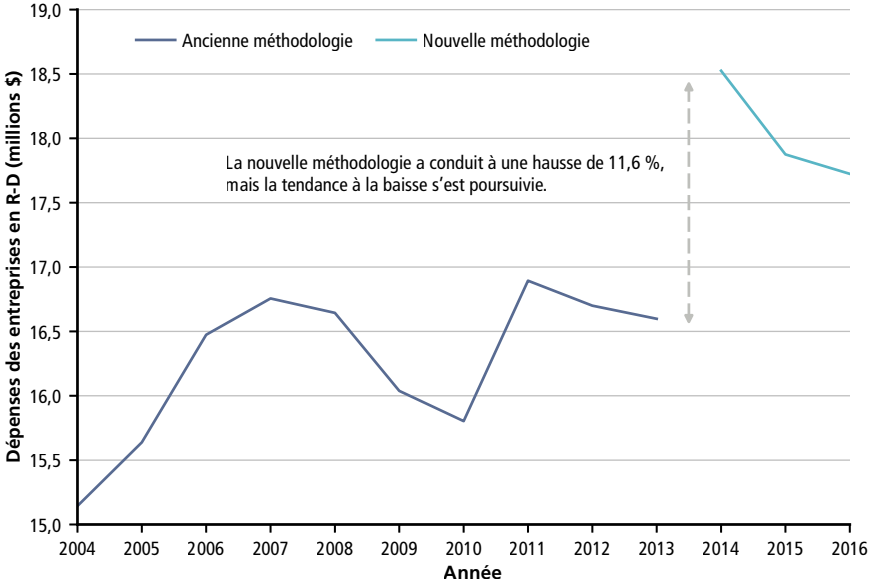
La baisse de la R-D gouvernementale et le ralentissement de la croissance de la R-D dans le secteur de l'enseignement supérieur sont un phénomène récent au Canada, qui illustre partiellement les contraintes fiscales auxquelles les gouvernements fédéral et provinciaux se sont heurtés après la crise financière de 2008–2009[10]. Les investissements gouvernementaux dans la R-D au sein de l'OCDE ont légèrement baissé depuis 2010, les gouvernements ayant dû faire face à des difficultés économiques, notamment à un rétablissement plus lent que prévu et à une faible croissance de l'économie et de la productivité (FMI, 2016). Toutefois, la faiblesse et le déclin de l'investissement dans la R-Di en proportion du PIB au Canada sont une tendance de longue date.

Statistique Canada a récemment modifié la méthodologie employée pour recueillir les données sur les dépenses de R-Di et sur les variables connexes au Canada (Enquête annuelle sur la recherche et le développement dans l'industrie canadienne, ou RDIC). Parmi les changements, l'agence est passée d'une enquête par recensement auprès d'environ 2 000 répondants à une enquête-échantillon pondéré auprès de plus de 8 000 répondants et d'une période de référence basée sur l'année civile à une période fondée sur l'exercice financier se terminant le 31 mars. L'enquête recueille désormais également des données sur les dépenses de R-D en sciences sociales et en sciences humaines effectuées par les entreprises canadiennes.

Les données reposant sur la nouvelle méthodologie ont été publiées le 20 avril 2017 et portent sur les dépenses de R-D en 2014 et sur les intentions des entreprises pour 2015 et 2016. Statistique Canada a averti les utilisateurs de ne pas utiliser les nouvelles données conjointement avec les anciennes pour analyser les tendances dans le temps. L'emploi de la nouvelle méthodologie s'est traduit par une hausse de 11,6 % de l'estimation des dépenses de R-D dans le secteur industriel canadien entre 2013 et 2014, mais n'a pas modifié la récente tendance à la baisse dans les dépenses de R-D prévues (figure 2.6). L'augmentation peut

10 À noter que la plupart des pays ont été touchés par cette crise.

indiquer une envolée des dépenses de R-D chez les entreprises cette année-là ou être une conséquence du changement de méthodologie ou encore une combinaison des deux. Cependant, l'échelle de l'accroissement observé dans les données de 2014 n'est pas suffisante pour inverser ce qui semble être une tendance à long terme au sous-investissement dans la R-D chez les entreprises canadiennes par rapport à leurs homologues de l'OCDE. Les données de l'OCDE présentées aux figures 2.1, 2.2, 2.3 et 2.5 combinent les données de Statistique Canada obtenues avec l'ancienne méthodologie et avec la nouvelle. Les tendances en matière de DIRDE et de DIRD au Canada doivent donc être interprétées avec prudence. Pour en savoir plus sur ces changements méthodologiques, se reporter à StatCan (2016c).



Source des données : StatCan, 2017c, 2017j

Figure 2.6

Dépenses de R-Di au Canada : différence entre l'ancienne méthodologie de collecte et la nouvelle

La récente modification de la méthodologie utilisée par Statistique Canada pour l'Enquête annuelle sur la recherche et le développement dans l'industrie canadienne a entraîné une hausse de 11,6 % de l'estimation des dépenses de R-D dans l'industrie entre 2013 et 2014. Cependant, cette évolution devrait être interprétée avec prudence, car la tendance générale à la baisse se poursuit. Les dépenses de R-D indiquées pour 2015 et 2016 correspondent aux intentions des entreprises communiquées dans le cadre de l'enquête de 2014.

2.1.2 Partenariats et financement intersectoriels

Les partenariats unissent des établissements d'enseignement postsecondaire qui effectuent de la recherche fondamentale ou de la recherche appliquée et des partenaires externes, généralement des entreprises, mais aussi des OSBL, des hôpitaux, le gouvernement et des organismes sociaux. Ces mises en relation procurent aux entreprises l'accès aux idées innovantes, aux compétences et à l'infrastructure que l'on retrouve dans le milieu académique. Les partenariats donnent également l'occasion aux étudiants et aux professeurs de se former et de travailler en milieu industriel. Au cours de la dernière décennie, le gouvernement du Canada a intensifié les programmes de partenariats. Les stratégies nationales de S-T de 2007 et de 2014 ont souligné la nécessité de promouvoir les partenariats pour le secteur privé et les autres centres de recherche, tels que les universités, les collèges, les écoles polytechniques et les gouvernements (GC, 2014). Le Canada abrite diverses organisations qui font la promotion des partenariats à l'échelle fédérale, provinciale et locale. Bien que l'examen détaillé des programmes de partenariat et des programmes de financement fédéraux dépasse le mandat du présent rapport, l'évolution du financement des partenariats dans les trois organismes illustre bien les récentes priorités du gouvernement sur le pan de l'établissement de relations entre le milieu académique et le secteur privé.

À l'échelle fédérale, les trois organismes administrent les programmes de partenariat destinés aux établissements d'enseignement postsecondaire (universités, collèges et écoles polytechniques) et les entreprises privées, le gouvernement et les OSBL. Le comité d'experts a cerné trois tendances principales dans le financement par les trois organismes des programmes de partenariat entre 2010 et 2015 :

- Une hausse modeste du financement total, mais un accroissement important du nombre d'établissements partenaires (p. ex. industrie ou gouvernement) participant;
- Une hausse du financement des programmes de partenariat par le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH) et les Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC);
- Une hausse des fonds consacrés aux partenariats avec les collèges.

En 2015, les trois organismes ont investi environ 410 millions de dollars dans des partenariats de recherche : 330 millions provenant du Conseil national de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), 50 millions du CRSH et 30 millions des IRSC. Corrigé selon l'inflation, le budget total des trois organismes consacré aux partenariats a augmenté d'environ 16 % entre 2010 et 2015. La majeure partie de cette hausse est due au CRSH (de 3 à près de 50 millions) et aux IRSC (environ de 15 à 30 millions). Bien que le

montant dédié du CRSNG n'ait pas notablement augmenté durant la période, le nombre d'établissements partenaires a presque doublé, largement en raison de la création et du succès de petites subventions au partenariat, comme les subventions d'engagement partenarial. La réorientation radicale vers des subventions de partenariat au CRSH révèle l'influence des approches du type de celle suivie par le CRSNG pour la recherche en sciences humaines et en sciences sociales, qui se manifeste notamment par un accent mis sur la collaboration et les équipes. Enfin, résultat des stratégies nationales de S-T de 2007 et de 2014, la hauteur du financement ciblant les partenariats qui incluent les collèges a sensiblement augmenté entre 2010 et 2015. Cette croissance est principalement due à la hausse du budget consacré aux partenariats avec les collèges du CRSNG, qui est passé de 28 millions de dollars en 2010 à 46 millions en 2015 avec l'expansion du Programme d'innovation dans les collèges et la communauté (ICC)[11] (encadré 2.1).

Les programmes de partenariat ont accru le nombre de partenariats entre les entreprises et les établissements d'enseignement postsecondaire et favorisé l'établissement de nouvelles relations entre l'industrie et le milieu académique. Cependant, ces programmes n'ont eu jusqu'ici qu'un impact limité sur l'investissement des entreprises dans la R-D à l'échelle nationale. Si l'on tient compte de l'inflation, le niveau des investissements des entreprises dans la R-D effectuée dans le secteur de l'enseignement supérieur est demeuré relativement constant depuis dix ans (environ 800 millions de dollars, en dollars constants de 2007). Le ratio entre ce niveau et les dépenses de R-D des entreprises est élevé au regard des standards de l'OCDE, mais il a graduellement baissé au cours de la dernière décennie. Rien n'indique que les programmes de partenariat des trois organismes ont provoqué une hausse globale de l'investissement des entreprises dans la R-D effectuée dans les établissements d'enseignement supérieur au Canada avant 2015, bien qu'il soit possible que les données pour les années suivantes révèlent en fin de compte un tel impact. Certaines de ces subventions exigent également une contribution en nature aux activités de recherche qui n'est pas comptabilisée dans les données sur les dépenses de R-D.

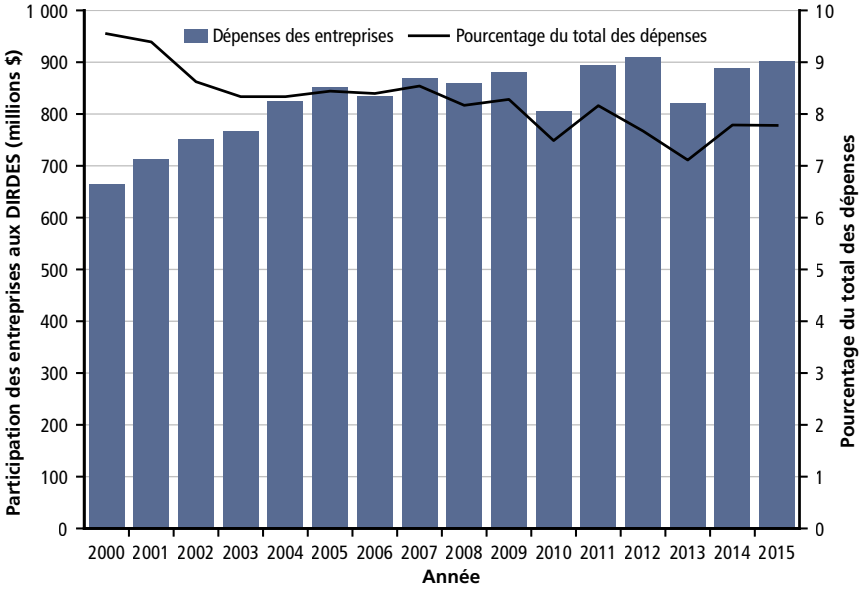
11 Les chiffres indiqués dans ce paragraphe sont tirés de calculs du comité d'experts effectués à partir des données présentées par les IRSC ainsi que des données d'attribution du CRSNG et du CRSH accessibles sur le portail de données du gouvernement du Canada, au https://open.canada.ca/fr. Ces renseignements sont offerts en vertu de la Licence de gouvernement ouvert — Canada. Les partenariats sont définis de la manière qui suit. Partenariats du CRSNG : tous les programmes considérés comme des programmes de partenariats de recherche; partenariats du CRSH : subventions de développement de partenariat et subventions de partenariat; partenariats des IRSC : projets de recherche concertée sur la santé, subvention sur la synthèse des connaissances, programme de recherche en collaboration avec l'industrie, des connaissances à la pratique, partenariats pour l'amélioration des systèmes de santé, programme de démonstration des principes.

Encadré 2.1
Financement de la recherche appliquée dans les collèges et les écoles polytechniques

Dans le continuum de la R-D, les collèges et les écoles polytechniques ont toujours effectué de la recherche appliquée, principalement en partenariat avec les entreprises privées locales. Dans ce domaine, ils agissent comme intermédiaires de l'innovation en servant de passerelle entre les partenaires des secteurs privé et public afin de faciliter cette innovation. Cela signifie qu'ils interviennent comme fournisseurs de services d'innovation en fonction de la demande, grâce auxquels les partenaires industriels et communautaires peuvent accéder aux compétences et à l'infrastructure — compétences et expertise du corps professoral et des étudiants collégiaux, machinerie et équipement, et marchés et réseaux — à des fins de mise en marché de nouveaux produits et services. Les collèges travaillent également avec des partenaires universitaires et d'autres acteurs du secteur public. Le Programme ICC a été lancé en 2007 dans le but de développer la capacité des collèges à effectuer de la recherche appliquée avec des partenaires industriels et communautaires. Pour cela, il offre diverses subventions et en premier lieu, des subventions d'engagement partenarial (CRSNG, 2015, 2017c). Les collèges qui ont prouvé leur aptitude à réaliser de la recherche appliquée pour des industries particulières dans leur domaine se voient attribuer un financement renouvelable par le biais du programme des centres d'accès à la technologie (CAT). Les CAT ont été mis sur pied à la suite du succès des Centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT) au Québec. Comme les CCTT, leur rôle principal est d'offrir des services de recherche appliquée et d'aider les partenaires du secteur privé à concevoir ou à raffiner plus rapidement leurs produits. Le programme de subventions des chaires de recherche industrielle dans les collèges géré par le CRSNG aide les membres du corps professoral à travailler avec les entreprises de leur région. Enfin, le comité d'experts a relevé quelques données longitudinales démontrant la contribution des collèges à la R-Di.

Selon l'enquête menée par le CRSNG, trois entreprises sur quatre prévoient effectuer d'autres recherches en partenariat à la fin d'un projet, ce qui indique que ces programmes sont efficaces pour encourager les entreprises à travailler avec les universités et les collèges (CRSNG, s.d.a). De plus, les programmes de partenariat sont essentiels pour instruire les étudiants effectuant de la recherche sur les défis propres au secteur privé. Autour de 10 000 étudiants sont formés chaque année grâce aux programmes de partenariat du CRSNG dans l'industrie et une entreprise sur trois embauche des étudiants qui ont participé à de tels programmes (CRSNG, s.d.b). Mitacs, un OSBL fondé en

1999 dans le but d'agir comme réseau de centres d'excellence, a aussi aidé à rapprocher les entreprises et les OSBL des étudiants de cycle supérieur et des boursiers postdoctoraux. En 2015-2016, Mitacs a placé 3 657 stagiaires dans l'industrie (Mitacs, 2016).



Source des données : StatCan, 2017h

Figure 2.7

Investissement des entreprises dans la R-D du secteur de l'enseignement supérieur au Canada, 2000–2015

La figure indique le montant (en dollars constants de 2007) du financement de la R-D du secteur de l'enseignement supérieur assuré par les entreprises, ainsi que la proportion de la R-D totale du secteur financée par ces mêmes entreprises. Comme on le voit, le financement n'a pas connu de hausse importante depuis 2007 et a graduellement diminué en proportion du total.

Le comité d'experts reconnaît que les partenariats sont controversés dans certains segments du milieu postsecondaire, qui peuvent penser qu'ils éloignent du financement de la recherche fondamentale. La mesure systématique des extrants et des résultats de ces partenariats peut aider à discerner les programmes fructueux, comme l'embauche de diplômés par des partenaires de recherche et la probabilité d'entreprendre d'autres activités de recherche à l'échelle de l'‘entreprise. Sur ce point, le comité note que le CRSNG s'efforce d'effectuer le suivi des extrants et des résultats de certains de ses programmes de partenariat (comme dans CRSNG, s.d.a). Néanmoins, la tendance vers une collaboration et des partenariats accrus entre l'industrie et les établissements d'enseignement supérieur combinée à la stagnation des dépenses de R-D des entreprises dans

le secteur de l'enseignement supérieur demeure une anomalie déconcertante qui n'est pas entièrement prise en compte dans les données existantes ou dans la recherche à laquelle le comité d'experts a eu accès.

2.2 ÉDUCATION ET PERSONNEL DE R-D

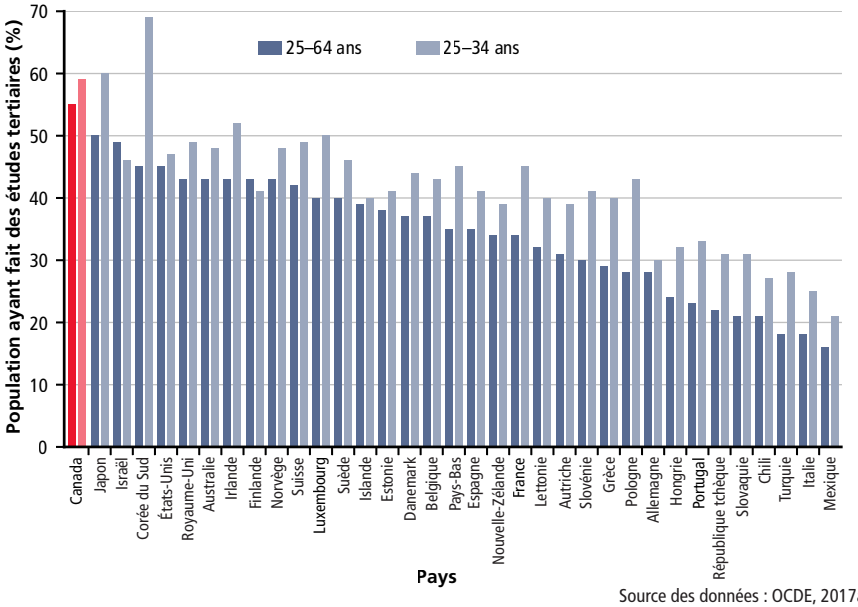
La science est une activité humaine. Pour repousser les frontières de la R-D, les chercheurs doivent effectuer des travaux aux niveaux les plus élevés possible, ce qui exige un système d'éducation capable de former la nouvelle génération de chercheurs et des universités qui attirent les chercheurs et les étudiants du monde entier. Le Canada a toujours excellé dans ces domaines, et il continue à le faire selon les toutes dernières données de l'OCDE et de Statistique Canada.

2.2.1 Éducation et enseignement

La population canadienne continue à être l'une des plus instruites au monde, elle possède des bases solides en science et en mathématiques et un niveau d'instruction global élevé. Au niveau primaire et secondaire, les élèves canadiens obtiennent de bons résultats aux évaluations internationales et les résultats sont généralement cohérents à l'échelle du pays. Selon les tout derniers résultats du Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA) de l'OCDE, le Canada se classe au troisième rang des pays de l'Organisation et au quatrième rang parmi l'ensemble des pays à l'évaluation des connaissances et des compétences scientifiques chez les jeunes de 15 ans. Les élèves canadiens excellent également lors de l'évaluation en mathématiques, se classant au cinquième rang des pays de l'OCDE et au dixième rang parmi l'ensemble des pays. Le Canada a toujours obtenu de bons résultats à ces évaluations depuis qu'elles ont commencé en 2003; cependant, sa compétitivité par rapport à celle des autres grands pays a baissé avec le temps, particulièrement en mathématiques (OCDE, 2016e).

Le Canada investit plus dans l'enseignement postsecondaire que la plupart des autres pays, puisqu'il se classe au sixième rang des membres de l'OCDE au chapitre du montant des dépenses par étudiant (OCDE, 2016e). Il détient également l'un des plus hauts niveaux d'instruction de tous les pays, plus de 55 % de la population âgée de 25 à 64 ans ayant achevé une forme quelconque d'études postsecondaires (c.-à-d. universitaires ou collégiales) (figure 2.8). Cependant, le Japon et la Corée du Sud ont à présent dépassé le Canada en ce qui concerne la proportion de jeunes adultes (25 à 34 ans) ayant terminé leurs études postsecondaires, et le pourcentage de la population canadienne détenant une maîtrise ou un doctorat est inférieur à la moyenne de l'OCDE (OCDE, 2016e).

Au Canada, le nombre d'étudiants sortant avec un diplôme du système d'enseignement postsecondaire continue de croître et s'établit à présent à 400 000 annuellement (StatCan, 2017e). Cependant, le taux de croissance des différents programmes de grade varie. Le nombre de détenteurs d'un baccalauréat ou l'équivalent a augmenté de 7 % entre 2006 et 2010 et de 9 % entre 2010 et 2015. En comparaison, le nombre de détenteurs d'une maîtrise a connu une hausse de 21 % et 17 %, respectivement, durant ces mêmes périodes, alors que le nombre de détenteurs d'un doctorat a augmenté de 34 % et 18 %, respectivement. Le Canada attire également de plus en plus d'étudiants internationaux, en particulier à la maîtrise et au doctorat. La proportion d'étudiants internationaux diplômés d'une université canadienne a augmenté de près de 4 points de pourcentage en cinq ans, passant de 7 % en 2010 à 10,5 % en 2015 (StatCan, 2016b), une tendance qui semble s'accélérer après les élections de 2016 aux États-Unis (Chiose, 2017).



Source des données : OCDE, 2017a

Figure 2.8

Pourcentage de la population ayant suivi des études postsecondaires, 2015

Le Canada possède l'un des plus forts niveaux d'instruction de l'OCDE dans la population adulte, plus de 55 % des personnes de 25 à 64 ans (59 % chez les 25–34 ans) ayant suivi une forme quelconque d'études postsecondaires (définies comme tertiaires par l'OCDE).

Tableau 2.1
Nombre et taux de croissance des diplômés postsecondaires au Canada par type de programme

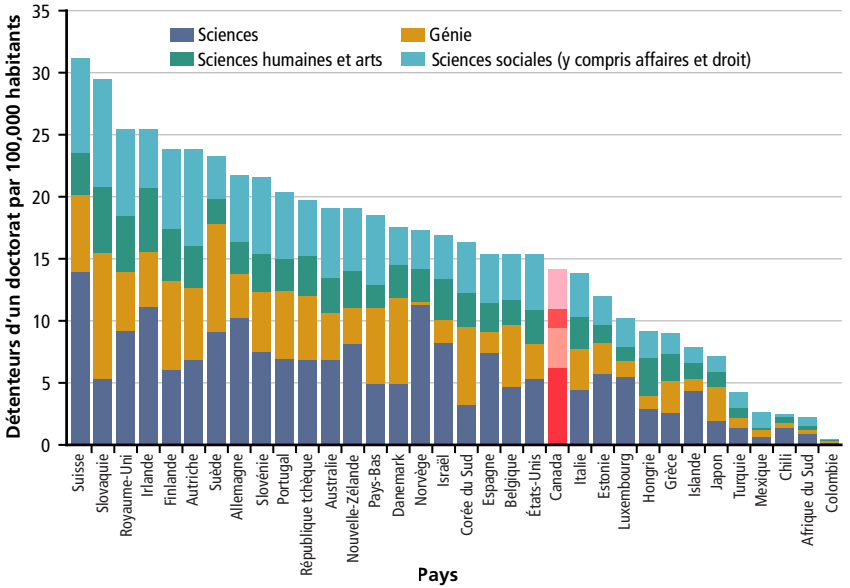
Type de programme	2011	2012	2013	2014	2015	Évolution 2006–2010 (%)	Évolution 2011–2015 (%)
Programme de formation technique ou professionnelle	161 418	166 245	170 451	174 771	169 344	20	5
Baccalauréat ou équivalent	183 639	188 379	197 262	200 403	200 652	7	9
Maîtrise ou équivalent	49 935	52 296	54 789	55 158	58 659	21	17
Doctorat ou équivalent	6 258	6 477	7 140	7 086	7 407	34	18

Source des données : StatCan 2017e

Ce tableau indique le nombre d'étudiants postsecondaires au Canada qui ont obtenu leur diplôme. Les types de programmes correspondent à la Classification internationale type de l'éducation (CITE), sauf « Programme de formation technique ou professionnelle », qui combine les types de programmes de la CITE pour l'enseignement postsecondaire non tertiaire et l'enseignement tertiaire de cycle court. Au Canada, ces programmes sont offerts principalement, quoique non exclusivement, dans les collèges. De même, les baccalauréats ou leurs équivalents sont principalement décernés par les universités, bien que les collèges en délivrent également une partie.

Un peu plus de 20 % des diplômes collégiaux et universitaires décernés au Canada le sont en sciences ou en génie, ce qui correspond à la moyenne de l'OCDE (OCDE, 2016e). Si cette proportion a légèrement augmenté au Canada depuis 2004, les inscriptions dans les programmes de sciences et de génie ont reculé dans la plupart des pays de l'OCDE. Au niveau du doctorat, le nombre de diplômes en science et en génie délivrés a sensiblement augmenté au Canada ces dernières années, il a plus que doublé entre 2004 et 2012, passant de 1 400 à 3 300 (OCDE, 2016e). Le nombre de doctorats délivrés par habitant dans tous les domaines d'études au Canada est relativement faible comparé aux autres pays de l'OCDE, quoi qu'il ne soit pas loin du niveau mesuré aux États-Unis (figure 2.9). Cependant, la performance du Canada s'est considérablement améliorée à ce chapitre ces dernières années en raison d'une hausse du nombre de doctorats décernés en sciences et en génie (CSTI, 2015).

Les universités se dirigent vers un modèle où les étudiants sont de plus en plus formés par des enseignants non titulaires et des chargés de cours à temps partiel. Entre 1999 et 2010, le nombre d'enseignants non titulaires a augmenté de 174 %, la hausse ayant été particulièrement forte entre 2008 et 2009, alors que le nombre de professeurs titulaires s'est accru de seulement 26 % (figure 2.10).



Source des données : OCDE, 2017a

Figure 2.9

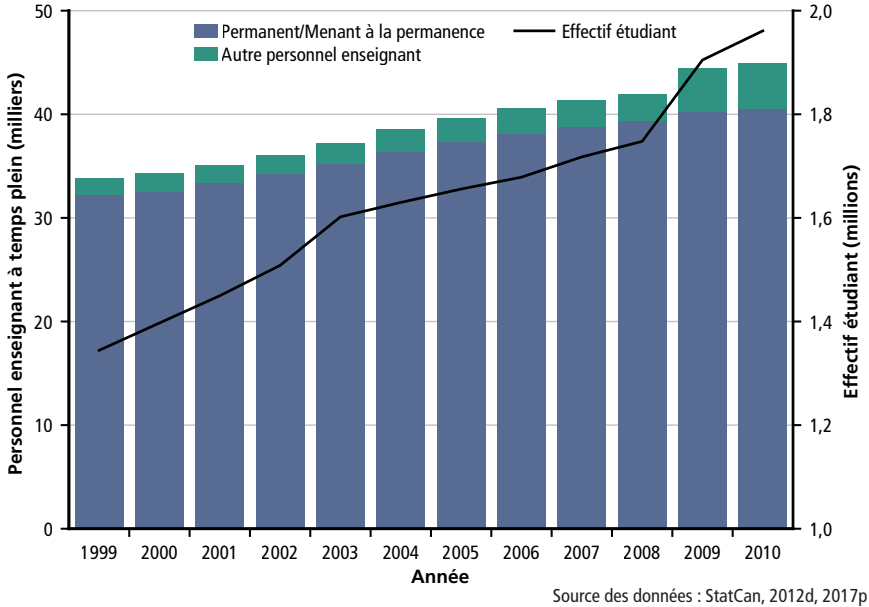
Détenteurs d'un doctorat par domaine par 100 000 habitants, 2012

En proportion de la population, la délivrance de doctorats au Canada demeure relativement faible comparativement à d'autres pays. Les données pour l'Australie correspondent à 2011.

Environ 40 % des détenteurs de doctorat au Canada travaillent dans le secteur de l'enseignement postsecondaire et seulement 20 % deviennent professeurs à temps plein. Nombre d'entre eux trouvent un poste dans le secteur privé. Cependant, le taux d'emploi des étudiants au doctorat est supérieur à celui des détenteurs d'un baccalauréat ou d'une maîtrise et leur satisfaction professionnelle est élevée (Edge et Munro, 2015; Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale, 2017). Le fait que beaucoup de détenteurs de doctorat sont employés dans l'industrie est probablement bénéfique pour la capacité de R-D et d'innovation du Canada dans le secteur privé. La conception de ces programmes devrait tenir compte de la diversité des parcours professionnels des diplômés récents.

2.2.2 Personnel

Selon Statistique Canada, entre 2004 et 2014, le nombre total de chercheurs au Canada a enregistré une hausse de plus de 30 000 (StatCan, 2017m). Cependant, ce phénomène cache des disparités entre les secteurs. Le nombre de spécialistes de la R-Di a baissé notablement après la crise financière de 2008 (de 20 % entre 2008 et 2013), alors que le nombre de personnes en R-D



Source des données : StatCan, 2012d, 2017p

Figure 2.10

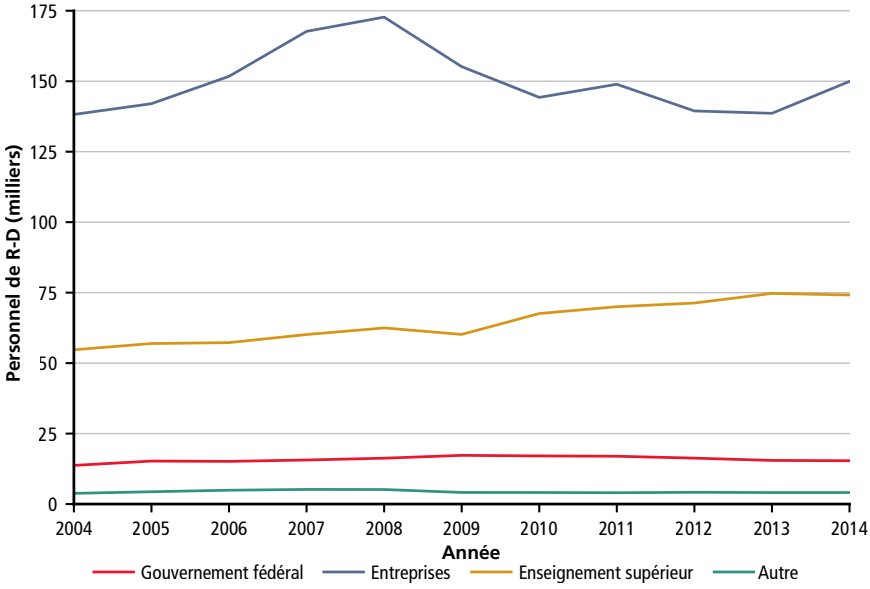
Évolution du personnel d'enseignement à temps plein dans les universités canadiennes, 1999–2010

La catégorie « Permanent/Menant à la permanence » comprend les professeurs titulaires, les professeurs associés et les professeurs adjoints. La catégorie « Autre personnel enseignant » regroupe les personnes détenant un poste inférieur à celui de professeur adjoint (et comprend les chargés de cours) et les autres postes (y compris les postes non classés). Les années sont les années académiques. Par exemple, 2000 correspond à l'année 2000-2001 pour un étudiant. L'effectif étudiant total respecte la Classification internationale type de l'éducation. À noter que les données sur le personnel enseignant à temps plein ne sont pas actuellement disponibles après 2010.

dans l'enseignement supérieur a continué de croître. Cependant, les toutes dernières données portent à croire que le nombre de chercheurs en R-D dans l'industrie commence à se rétablir (figure 2.11).

En proportion de la population, en 2014, le nombre de chercheurs à temps plein au Canada était semblable à ce qu'il est dans des pays comme la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni et les États-Unis (environ 4 500 chercheurs par million d'habitants) (OCDE, 2016f)[12]. Cette proportion est bien plus élevée que celle de la Chine (environ 1 100 chercheurs par million d'habitants) et bien inférieure à celle de la Suède (environ 6 900 chercheurs).

12 Selon le *Manuel de Frascati* de l'OCDE (OCDE, 2015b), les chercheurs sont des « spécialistes travaillant à la conception ou à la création de nouveaux savoir. Ils mènent des travaux de recherche en vue d'améliorer ou de mettre au point des concepts, théories, modèles, techniques, instruments, logiciels ou modes opératoires ».



Source des données : StatCan, 2017m

Figure 2.11

Personnel effectuant de la R-D au Canada, par secteur, 2004–2014

Au Canada, la majeure partie du personnel de R-D (plus de 60 % en 2014) travaille dans le secteur privé. Bien que le nombre d'employés soit demeuré stable dans ce secteur, il a augmenté d'environ 35 % dans le secteur de l'enseignement supérieur entre 2004 et 2014. La catégorie « Autre » comprend les gouvernements provinciaux et les OSBL privés. Le personnel correspond au nombre d'équivalents temps plein.

2.3 INFRASTRUCTURE DE R-D

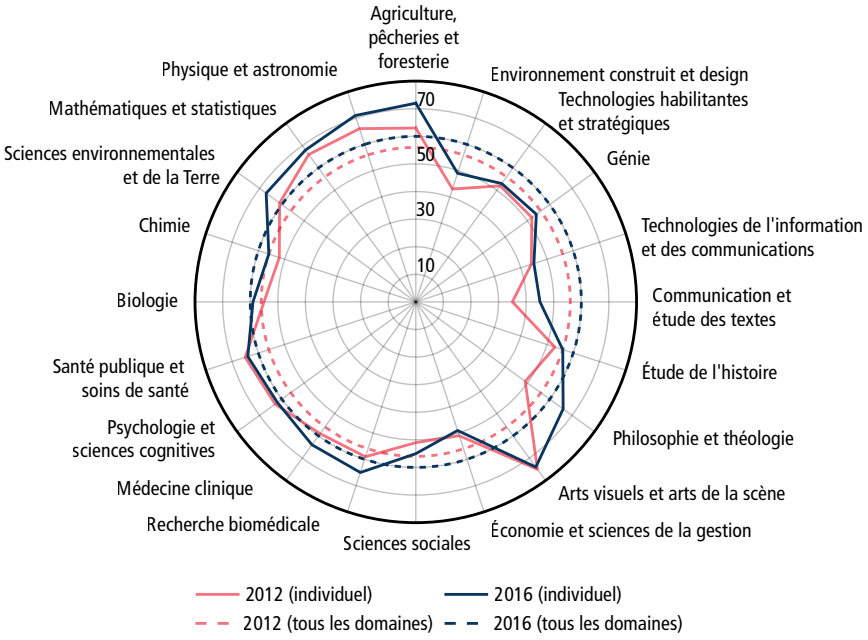
Il est indispensable de disposer de programmes, d'installations et de l'infrastructure de recherche dernier cri pour participer à la recherche planétaire de pointe dans la plupart des domaines. Au Canada, la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI), un OSBL indépendant fondé en 1997, est le principal organisme investissant dans l'infrastructure de recherche des établissements d'enseignement postsecondaire, des hôpitaux de recherche et des organismes de recherche à but non lucratif. Comme son modèle de financement repose sur un accord de contribution avec une tierce partie, plus de la moitié du coût est couvert par des partenaires comme les gouvernements provinciaux, les universités, les entreprises et les organismes de charité (Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale, 2017). Entre 1998 et 2016, la FCI a financé 9 464 projets pour un montant total d'environ 5,5 milliards de dollars. La majeure partie du financement a été attribué aux sciences de la

santé (41 %), aux sciences appliquées (25 %) et aux sciences naturelles (27 %). Le reste est allé aux sciences économiques et sociales et aux arts et sciences humaines (FCI, communication personnelle). Le gouvernement fédéral assure également le fonctionnement d'une multitude de centres de recherche par l'intermédiaire du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et de programmes et de l'infrastructure gérés par d'autres ministères fédéraux.

Les résultats des deux enquêtes réalisées par le CAC auprès des chercheurs les plus cités de partout dans le monde (en 2012 et en 2016; sections 1.3.2 et 3.1.2) peuvent aider à évaluer les programmes ou l'infrastructure de recherche au Canada selon le domaine. En 2012, un peu plus de la moitié (56 %) des chercheurs interrogés pensaient que le Canada possédait des programmes et l'infrastructure de recherche parmi les meilleurs au monde dans leur domaine. En 2016, ce pourcentage était passé à 60 %. Les domaines dans lesquels au moins les deux tiers des répondants étaient de cet avis étaient : arts visuels et arts de la scène; agriculture, pêcheries et foresterie; physique et astronomie; mathématiques et statistiques; sciences environnementales et de la Terre; et philosophie et théologie. La plupart des domaines ont enregistré une évolution positive à cet égard entre les deux enquêtes. Seuls quatre ont connu une baisse, aucun d'entre eux de plus de 2 points de pourcentage. Les domaines qui ont enregistré la plus grosse amélioration sont philosophie et théologie; communication et étude des textes; et agriculture, pêcheries et foresterie (figure 2.12).

2.4 CONCLUSION

Pour deux des trois piliers de la performance en matière de recherche, les données probantes examinées par le comité d'experts sont encourageantes. Les résultats d'enquête semblent indiquer que le Canada abrite des programmes et l'infrastructure de recherche parmi les meilleurs au monde dans de nombreux domaines et sa réputation internationale en ce qui concerne ces moyens s'améliore. La plupart des critères relatifs aux chercheurs de talent portent à croire que le Canada demeure compétitif sur la scène mondiale, en raison de sa population fortement instruite, d'un système d'enseignement extrêmement performant et d'un nombre de chercheurs par habitant en légère croissance. Le seul aspect très préoccupant est la baisse du nombre de spécialistes de la R-D employées dans l'industrie, qui est directement liée au recul général de l'investissement dans la R-D des entreprises. Le soutien offert par le gouvernement fédéral aux programmes de partenariat renforce également l'accès des entreprises aux chercheurs de talent et à l'accès aux possibilités d'emploi et de formation aux détenteurs d'un doctorat dans le secteur industriel.



Source des données : calculs du comité d'experts d'après des enquêtes menées auprès des chercheurs les plus cités en 2012 et 2016.

Figure 2.12

Pourcentage de répondants à l'enquête ayant indiqué que le Canada possède des programmes ou une infrastructure de recherche parmi les meilleurs au monde, par domaine de recherche, 2012 et 2016

Plus de la moitié des chercheurs les plus cités interrogés ont indiqué que le Canada effectuait de la recherche de pointe dans leur domaine, et le pourcentage a augmenté dans la plupart des domaines depuis 2012. Les enquêtes ont été conçues et commandées par le CAC. La question posée était la suivante : « Selon vous, le Canada a-t-il des infrastructures ou des programmes de recherche dans votre domaine d'expertise qui revêtent de l'importance à l'échelle mondiale? ».

Toutefois, pour le troisième pilier, les données sont bien plus inquiétantes. Le niveau général d'investissement dans la R-D au Canada ne suit pas le rythme des autres pays. C'est particulièrement le cas dans le secteur des affaires, mais les niveaux des dépenses de R-D du gouvernement et des établissements d'enseignement supérieur traînent aussi de plus en plus derrière ceux des pays pairs de l'OCDE. Comme d'autres comités d'experts qui l'ont précédé (CSTI, 2015; Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale, 2017), le comité d'experts du CAC a constaté que la tendance du Canada au relatif sous-investissement dans la R-D est alarmante. Si la tendance actuelle en matière d'investissement en R-D se poursuit, elle pourrait considérablement affaiblir la capacité du pays à participer à la recherche de pointe dans le futur.

3

Production et impact de la recherche

- Productivité de la recherche au Canada
- Les organismes de recherche au Canada
- Classement international du Canada par domaine
- Points forts de la recherche canadienne
- Technologies habilitantes et stratégiques
- Limites des données
- Conclusion

3 Production et impact de la recherche

Principales constatations

La production de recherche canadienne a suivi le rythme des autres pays développés ces dernières années.

- Le Canada produit 3,8 % des publications de recherche mondiales, mais est passé de la septième à la neuvième place au classement de la production entre 2003–2008 et 2009–2014.
- La production de publications au Canada a augmenté de 26 % entre 2003 et 2014, soit plus rapidement que dans de nombreux pays développés, dont les États-Unis. Cependant, la production de recherche du gouvernement fédéral a sensiblement baissé entre 2009 et 2014.

La recherche canadienne est comparativement moins spécialisée et moins estimée dans des champs essentiels des sciences naturelles et du génie.

- La production de recherche canadienne est comparativement importante en psychologie et en sciences cognitives, en santé publique et soins de santé, en philosophie et théologie, en sciences environnementales et de la Terre et en arts visuels et arts de la scène.
- La production de recherche canadienne est faible de façon disproportionnée en chimie, en physique et astronomie, en technologies habilitantes et stratégiques, en génie et en mathématiques et statistiques.

Le Canada maintient son statut international dans l'impact global de la recherche, mais les données probantes semblent indiquer un léger affaiblissement de la compétitivité de la recherche dans de nombreux domaines.

- En 2009–2014, le Canada a conservé sa sixième place au classement mondial selon la MCR qu'elle occupait dans le rapport sur la S-T 2012 du CAC.
- En 2016, les chercheurs internationaux les plus cités classaient le Canada au quatrième rang mondial, et 36 % d'entre eux l'ont classé parmi les cinq premiers pays dans leur domaine.
- Avec des MCR supérieures à la moyenne mondiale dans tous les domaines, le Canada se classe parmi les cinq plus grands pays en psychologie et sciences cognitives, en médecine clinique, en physique et astronomie, en études de l'histoire et en arts visuels et arts de la scène.
- Le Canada a connu une légère baisse de la MCR dans la majorité des domaines entre 2003–2008 et 2009–2014.

suite à la page suivante

D'après les indicateurs bibliométriques portant sur l'ampleur, l'impact et la croissance, les cinq domaines dans lesquels le Canada est le meilleur sont arts visuels et arts de la scène, psychologie et sciences cognitives, médecine clinique, santé publique et soins de santé et philosophie et théologie.

- Sur les 20 sous-domaines les plus performants, 10 appartiennent aux sciences de la santé, alors que dans les 20 sous-domaines les moins performants, plusieurs appartiennent au domaine du génie et à celui des technologies habilitantes et stratégiques;
- Il existe d'importantes variations au sein d'un même domaine. Par exemple, arts visuels et arts de la scène renferme le sous-domaine le mieux classé et le sous-domaine le moins bien classé.

Le Canada ne fait pas partie des chefs de file mondiaux dans la plupart des sous-domaines des technologies habilitantes et stratégiques.

- Le Canada a perdu du terrain face aux autres pays dans des domaines où il a joué un rôle déterminant dans la recherche initiale, comme en intelligence artificielle et en médecine régénérative, bien qu'il ait conservé une importante capacité de recherche dans ces champs.

Le présent chapitre examine la production et l'impact de la recherche canadienne à l'aide d'indicateurs bibliométriques et des résultats d'une enquête auprès des chercheurs les plus cités de partout dans le monde. Il propose également une évaluation des actuels points forts du Canada sur le plan de la recherche d'après les trois dimensions sous-jacentes suivantes : *ampleur* (étendue de la production de recherche par rapport au reste du monde), *impact* (influence de la recherche sur les publications ultérieures, mesurée par le nombre de citations) et *croissance* (variation de la production de recherche dans le temps par rapport à la moyenne mondiale).

Pour évaluer les tendances dans le temps, on a calculé des indicateurs bibliométriques pour deux périodes : 2003–2008 et 2009–2014. Les données proviennent de la base de données Scopus d'Elsevier et incluent des articles de revue examinés par des pairs, des publications de conférence et un ensemble réduit d'ouvrages académiques et de chapitres d'ouvrages. Les indicateurs fondés sur les citations sont utilisés comme mesure de l'impact de la recherche canadienne, bien que la validité et l'utilité de ces indicateurs varient d'un domaine à l'autre. Les limites méthodologiques de l'analyse bibliométrique et de l'enquête sont détaillées à la section 3.6. Les principaux indicateurs sont décrits au tableau 3.1 et dans le glossaire[13].

13 Une description complète de la méthodologie bibliométrique, dont les détails de la construction de chaque indicateur, est disponible sur demande.

Tableau 3.1

Principaux indicateurs bibliométriques utilisés dans le rapport

Indicateur	Description
Nombre de publications	Quantité de publications produites pour une entité donnée, comme un pays, une province ou un domaine de recherche. Le nombre de publications peut être calculé à partir de comptes entiers ou fractionnaires. Pour les comptes entiers, chaque publication est comptabilisée une fois pour chaque entité correspondant à un auteur. Par exemple, si une publication est écrite en collaboration par deux chercheurs de pays différents, elle sera comptabilisée une fois pour chaque pays. En ce qui concerne les comptes fractionnaires, chaque coauteur (et l'entité correspondante) est crédité d'une partie de la publication, selon le nombre d'auteurs. Dans l'exemple précédent, chaque chercheur (et pays) aurait droit à une demi-publication. Sauf indication contraire, les nombres de publications présentés dans ce rapport correspondent à des comptes entiers. Certains indices utilisent toutefois des comptes fractionnaires.
Indice de spécialisation (IS)	Mesure de la concentration de la recherche pour une entité dans un domaine particulier. Un IS supérieur à 1,0 signifie que davantage de publications sont parues dans ce domaine ou sous-domaine que ce que donnerait la moyenne mondiale. Par exemple, si les publications sur la physique et l'astronomie représentent 10 % du total des publications d'un pays, mais seulement 5 % des publications mondiales, ce pays aura un IS de 2,0 dans ce domaine. Un IS inférieur à 1,0 signifie que moins de recherche est produite que ce que donnerait la moyenne mondiale.
Indice de croissance (ICr) et taux de croissance (TCr)	L'ICr mesure la croissance des publications entre deux périodes (p. ex. entre 2003–2008 et 2009–2014 pour ce rapport) par rapport à la croissance dans une entité de référence (p. ex. le monde) pour la même période. Par exemple, si l'ICr du Canada est supérieur à 1,0 pour un domaine ou sous-domaine particulier, cela signifie que la production de publications au Canada dans ce domaine ou sous-domaine augmente plus vite que la moyenne mondiale. Le TCr correspond simplement au pourcentage de la variation de la production de publications entre les deux périodes; un TCr de 1,37, par exemple, indiquerait que la production a augmenté de 37 % entre les deux périodes.
Indice de collaboration (ICo)	L'ICo mesure, pour les publications en collaboration, le degré de collaboration d'une entité donnée avec une autre entité par rapport au nombre total de publications de cette entité (les pays produisant davantage de publications ont tendance à collaborer moins à l'échelle internationale, étant données leurs plus grandes possibilités de collaboration interne). Un indice de collaboration supérieur à 1,0 signifie que l'entité collabore plus que ce que laisserait présager sa production totale de publications.
Moyenne des citations relatives (MCR)	Mesure de l'impact des publications produites par une entité donnée révélé par le nombre de citations. Une MCR supérieure à 1,0 signifie que l'entité produit des publications plus souvent citées que la moyenne mondiale. Les MCR sont normalisées par type de publication, année et domaine de recherche. Tout comme d'autres mesures d'impact, elles sont moins fiables quand le domaine ou l'entité produit de faibles quantités de publications, car elles peuvent alors être influencées par des valeurs aberrantes.

suite à la page suivante

Indicateur	Description
Médiane des citations relatives (MeRC)	La MeCR est un indice similaire à la MCR et constitue également une mesure de l'impact de la recherche selon les citations normalisées par domaine. Cependant, elle correspond à une médiane plutôt qu'à une moyenne. Elle fournit sans conteste une meilleure mesure de la tendance centrale dans la plupart des domaines de recherche, puisque la distribution des citations est généralement biaisée, un petit nombre de publications attirant un grand nombre de citations.
1 % supérieur des publications les plus citées (1 % SPPC)	Le 1 % SPPC mesure l'impact de la recherche selon l'extrémité supérieure de la distribution des comptes des citations normalisées. Le 1 % des publications les plus citées est défini par domaine ou sous-domaine pour une période donnée. Une valeur supérieure à 1,0 signifie que l'entité produit des publications plus souvent citées que sa proportion du total des publications dans le domaine ou le sous-domaine le laisserait présager. Par exemple, si la paléontologie au Canada représentait 1 % des publications mondiales, mais 2 % des publications les plus citées, son 1 % SPPC serait de 2,0.

3.1 PRODUCTIVITÉ DE LA RECHERCHE AU CANADA

Le Canada est l'auteur de 3,8 % de la production de la recherche mondiale[14] et se classe encore parmi les 10 premiers pays en ce qui concerne la production totale de publications de recherche, mais son statut s'affaiblit. Dans le rapport sur la S-T 2012, il se classait au septième rang pour la période 2005–2010, avec environ 395 000 publications scientifiques. Bien que les chercheurs canadiens[15] aient produit encore plus de publications en 2009–2014 (496 696), l'Inde et l'Italie ont dépassé le Canada pour s'emparer de la septième et huitième place, respectivement. Le Canada est tombé au neuvième rang, mais l'écart qui le sépare de l'Italie — environ 2 300 publications — est négligeable. Les États-Unis sont toujours premiers au classement du nombre de publications, mais l'écart avec la Chine se réduit rapidement[16] (tableau 3.2).

Au classement de la production de publications par rapport à la population, le Canada occupe la cinquième position pour 2009–2014, avec environ 14 publications par 1 000 habitants (tableau A.2 en appendice). Cet indicateur montre que la Chine est moins haut au classement en fonction du nombre

14 Calculée à partir de comptes entiers. Comme les publications avec des coauteurs de différents pays sont comptabilisées pour chaque pays, ce résultat doit être interprété comme la proportion des publications mondiales auxquelles le Canada a participé plutôt que comme une proportion exclusive.

15 Dans cette étude bibliométrique, un *chercheur canadien* est un chercheur œuvrant dans un établissement canadien; le terme ne tient pas compte de la nationalité ou de la citoyenneté.

16 Ces données sous-estiment probablement la croissance de la production de publications en Chine, car la couverture des revues dans Scopus comporte un biais en faveur des revues en langue anglaise (Rousseau, 2015). Les données sur les publications chinoises peuvent également être trompeuses dans certains cas à cause de la relative étendue de l'inconduite et de la fraude en recherche (Hvistendahl, 2013), bien que l'impact de ces comportements sur le nombre total de publications et sur les tendances connexes soit inconnu.

Tableau 3.2

20 premiers pays selon le nombre de publications scientifiques produites et d'autres indicateurs principaux, 2003–2008, 2009–2014 et 2003–2014

Rang (2009–2014)	Pays	Nombre de publications		Part des publications mondiales (%)		ICo		ICr	TCr
		2009–2014	2003–2008	2009–2014	2003–2008	2009–2014	2003–2008	2003–2014	
1	États-Unis	3 136 910	2 633 098	24,3	29,2	1,00	0,89	0,80	1,15
2	Chine*	2 600 858	1 207 471	20,1	13,4	0,48	0,46	1,50	2,15
3	Royaume-Uni	869 569	682 941	6,7	7,6	1,39	1,26	0,83	1,19
4	Allemagne	837 314	651 436	6,5	7,2	1,34	1,29	0,86	1,23
5	Japon	728 582	685 686	5,6	7,6	0,68	0,65	0,72	1,04
6	France	611 138	479 262	4,7	5,3	1,35	1,27	0,84	1,21
7	Inde	545 655	246 898	4,2	2,7	0,46	0,51	1,56	2,24
8	Italie	499 039	364 427	3,9	4,0	1,13	1,06	0,92	1,31
9	Canada	496 696	377 779	3,8	4,2	1,26	1,20	0,88	1,26
10	Espagne	431 204	281 290	3,3	3,1	1,14	1,01	1,01	1,46
11	Australie	398 375	252 189	3,1	2,8	1,22	1,09	1,03	1,49
12	Corée du Sud	388 387	234 694	3,0	2,6	0,69	0,71	1,15	1,64
13	Brésil	321 960	177 451	2,5	2,0	0,65	0,71	1,28	1,84
14	Pays-Bas	280 459	201 344	2,2	2,2	1,37	1,28	0,91	1,30
15	Russie	256 825	208 439	2,0	2,3	0,74	0,91	0,89	1,27
16	Iran	211 646	63 321	1,6	0,7	0,46	0,49	2,37	3,41
17	Suisse	207 018	146 791	1,6	1,6	1,59	1,53	0,91	1,31
18	Turquie	199 421	122 841	1,5	1,4	0,45	0,42	1,11	1,60
19	Pologne	194 570	140 014	1,5	1,6	0,72	0,81	0,98	1,41
20	Suède	180 825	137 728	1,4	1,5	1,38	1,28	0,83	1,19
	Monde	12 935 138	9 006 984	100	100			1,00	1,44

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

La part des publications mondiales est calculée en comptes entiers. Chacun des auteurs est crédité d'une publication, quel que soit le nombre d'auteurs. Avec les comptes fractionnaires, la part du Canada serait de 2,8 %. Les pays sont classés dans l'ordre du nombre total de publications pour 2009–2014. Les comptes entiers favorisent la production des pays fortement enclins à la collaboration ou qui effectuent plus de recherche dans des domaines fortement enclins à la collaboration. Le Canada se classe neuvième à la fois selon les comptes entiers et selon les comptes fractionnaires.

*À noter que Science-Metrix combine par défaut les publications taïwanaises et chinoises.

d'habitants; cependant, il pourrait aussi révéler un considérable potentiel de croissance pour ce pays. Pour les nations telles que la Suisse, la forte production de publications par habitant est le fruit d'une grande collaboration internationale et de la présence de centres de recherche scientifique de premier ordre, tels que le CERN (Organisation européenne pour la recherche nucléaire), associées à des réseaux mondiaux de chercheurs.

Pour avoir une idée de l'efficacité de la recherche, on peut aussi normaliser la production de publications selon le nombre de chercheurs. De 2009 à 2013, le Canada a produit en moyenne 52 publications pour 100 chercheurs, contre 41 aux États-Unis[17]. À ce chapitre, l'Italie se classe au premier rang, avec 76 publications pour 100 chercheurs, et la Russie dernière, avec 9 publications.

Au classement en fonction du PIB, qui mesure la taille de l'économie nationale, le Canada occupe le 12e rang en production globale. À ce critère, l'Iran occupe la première place, avec une production de plus de 70 publications par milliard de dollars de PIB, contre moins de 50 pour le Canada (tableau A.3 en appendice). Bien que le PIB puisse indiquer la capacité du pays à investir dans la recherche, la normalisation selon les dépenses intra-muros en recherche et développement pour le secteur de l'enseignement supérieur (DIRDES) peut être plus appropriée à la mesure de la productivité des investissements dans la recherche. Le Canada produit environ 9 publications par million de dollars de DIRDES; le Japon est dernier à cet indicateur, avec 6 publications et la Chine, première, avec 22[18].

La croissance de la production de recherche, estimée par le nombre de publications, varie considérablement dans les 20 premiers pays. Le Brésil, la Chine, l'Inde, l'Iran et la Corée du Sud affichent la croissance la plus élevée au cours des dix dernières années. En particulier, la hausse considérable qu'a connue la Chine fait en sorte que l'écart avec les États-Unis se réduit. En 2014, la production chinoise équivalait à 95 % de celle des États-Unis, contre 26 % en 2003.

Le tableau 3.2 présente l'indice de croissance (ICr), une mesure du rythme auquel la production de recherche d'un pays a évolué entre 2003 et 2014, normalisée selon le taux de croissance mondiale. Si la croissance de la production

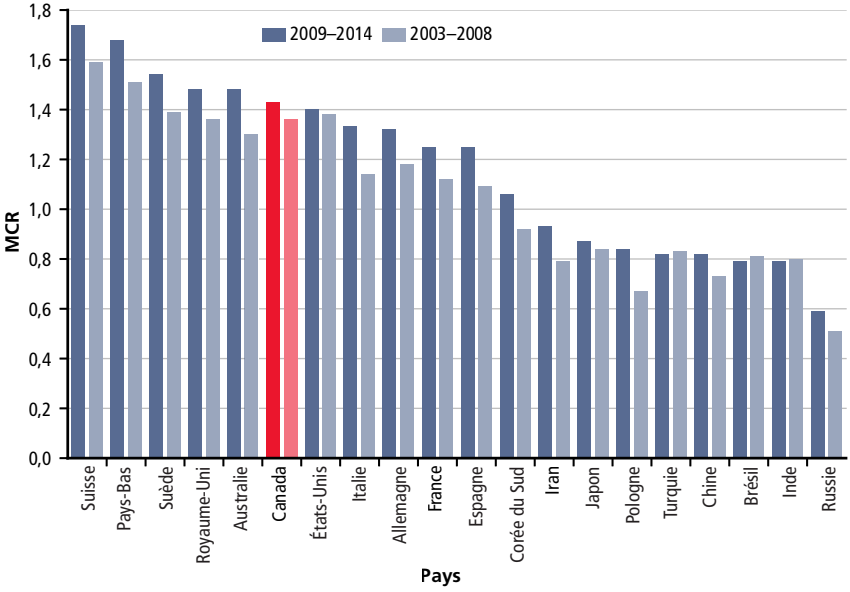
17 La production de publications par rapport au nombre de chercheurs (équivalents temps plein) et les DIRDES sont calculées pour les 20 premiers pays en matière de production pour 2009–2013, Inde, Brésil, Iran, Australie et Suisse exclus (pays pour lesquels les données n'étaient pas disponibles, ou seulement partiellement). Les équivalents temps plein pour les chercheurs et les DIRDES proviennent de l'OCDE (OCDE, 2016a).

18 À noter que cette mesure peut favoriser le Canada, car une forte proportion de la recherche y est effectuée dans des établissements d'enseignement supérieur (voir le chapitre 2).

de recherche d'un pays est plus élevée que la moyenne mondiale, l'ICr sera supérieur à 1,0. Par exemple, entre 2003 et 2014, la Chine affichait un ICr de 1,50 (c.-à-d. une croissance 50 % supérieure à la moyenne mondiale), contre 0,88 et 0,80 pour le Canada et les États-Unis, respectivement. Notons que l'augmentation considérable de la production de publications des économies émergentes, comme la Chine et l'Inde, a eu un effet négatif sur le classement du Canada selon cet indicateur (voir CAC, 2016).

3.1.1 Impact de la recherche

Les chercheurs canadiens continuent à produire des publications qui ont un fort impact d'après le taux de citations. Dans le rapport sur la S-T 2012, le Canada était sixième au classement selon la moyenne des citations relatives (MCR) pour les publications comportant au moins un auteur canadien. Si l'on se fie aux toutes dernières données (figure 3.1), le Canada a conservé son rang pour 2009–2014, tout comme les trois premiers pays[19]. Cependant, les États-Unis ont chuté de la quatrième à la septième place, alors que l'Australie a grimpé de la septième à la quatrième, à égalité avec le Royaume-Uni.



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

Figure 3.1

MCR des 20 premiers pays par nombre de publications, 2003–2008 et 2009–2014

Les pays sont classés selon la MCR pour 2009–2014.

19 À noter que la différence de MCR entre le Canada et les États-Unis est négligeable.

L'impact de la recherche canadienne continue aussi à s'accroître par rapport à la moyenne mondiale : la MCR du Canada est passée de 1,36 en 2003–2008 à 1,43 en 2009–2014 (figure 3.1). Cependant, la MCR des économies les plus avancées a aussi augmenté entre les deux périodes. La médiane des citations relatives (MeCR) présente une tendance similaire. Avec une MeCR de 1,50, le Canada est à égalité à la cinquième place avec le Royaume-Uni et les États-Unis. Par comparaison, certains pays affichant un ICr très élevé, comme la Chine, le Brésil, l'Inde et l'Iran, présente un taux de citations faible. Le tableau 3.3 présente le 1 % supérieur des publications les plus citées (1 % SPPC) de chaque pays. Ce dernier correspond au degré de sur ou de sous-représentation dans le 1 % supérieur des publications. Ici également, le Canada se classe sixième dans le monde 2009–2014, à égalité avec les États Unis[20].

3.1.2 Perception internationale de la recherche canadienne

Tout comme dans le rapport sur la S-T 2012, le CAC a commandé une étude de la perception des chercheurs les plus cités de la force de la recherche au Canada par rapport à celle d'autres pays, dans leur domaine ou sous-domaine (section 1.3.2). Les chercheurs devaient identifier les cinq premiers pays dans leur domaine et sous-domaine d'expertise : 36 % des répondants (contre 37 % dans l'enquête de 2012) de tous les champs de recherche ont classé le Canada dans les cinq premiers pays (figure B.1 et tableau B.1 en appendice). Il s'agit d'une variation d'environ 1 point de pourcentage par rapport aux résultats généraux de l'enquête effectuée pour le rapport sur la S-T 2012. Le Canada se classe au quatrième rang mondial, derrière les États-Unis, le Royaume-Uni et l'Allemagne, et devant la France, cette dernière ayant perdu 4 points de pourcentage pour le nombre de citations du pays dans les cinq premiers. Toutefois, l'ordre des cinq premiers n'a pas changé.

Lorsqu'on a demandé aux chercheurs d'évaluer la force de la recherche au Canada par rapport à celle des autres pays avancés dans leur domaine d'expertise, 72 % (4 005) d'entre eux l'ont estimée comme « forte » (soit 5 ou plus sur une échelle de 7), contre 68 % lors de l'enquête menée pour le rapport sur la S-T 2012 (tableau 3.4)[21].

20 CAC (2016) propose un examen des différences en matière de MCR, de MeCR et de 1 % SPPC.

21 Les résultats de l'enquête ont été pondérés selon le pays des répondants afin de bien refléter la population de chercheurs cibles. Par exemple, les chercheurs canadiens sont légèrement surreprésentés parmi les répondants, alors que les Chinois sont légèrement sous-représentés.

Tableau 3.3

Principaux indicateurs de l'impact de la recherche pour les 20 pays ayant produit le plus de publications, 2003–2008 et 2009–2014

Pays	2009–2014			2003–2008		
	MCR	MeCR	1 % SPPC	MCR	MeCR	1 % SPPC
Suisse	1,74	1,92	2,72	1,59	1,67	2,22
Pays-Bas	1,68	2,00	2,49	1,51	1,75	1,98
Suède	1,54	1,67	2,06	1,39	1,60	1,63
Australie	1,48	1,56	2,01	1,30	1,47	1,51
Royaume-Uni	1,48	1,50	1,99	1,36	1,50	1,67
Canada	1,43	1,50	1,85	1,36	1,50	1,57
États-Unis	1,40	1,50	1,85	1,38	1,47	1,76
Italie	1,34	1,43	1,57	1,14	1,20	1,16
Allemagne	1,32	1,33	1,68	1,18	1,20	1,30
France	1,25	1,22	1,52	1,12	1,08	1,19
Espagne	1,25	1,25	1,44	1,09	1,13	1,06
Corée du Sud	1,06	1,00	0,99	0,92	1,00	0,77
Iran	0,93	1,00	0,74	0,79	1,00	0,54
Japon	0,87	1,00	0,73	0,84	0,93	0,65
Pologne	0,84	0,75	0,79	0,67	0,57	0,51
Chine	0,82	0,82	0,75	0,73	0,67	0,61
Turquie	0,82	0,75	0,73	0,83	0,83	0,60
Inde	0,79	0,67	0,58	0,80	0,79	0,63
Brésil	0,79	0,80	0,60	0,81	0,90	0,53
Russie	0,59	0,33	0,49	0,51	0,33	0,37

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

Les pays sont classés par MCR pour 2009–2014. Seuls les 20 pays ayant produit le plus de publications figurent dans ce classement. Ce dernier serait différent si tous les pays étaient inclus.

Tableau 3.4

Répartition des notes attribuées par les répondants à l'enquête sur le Canada

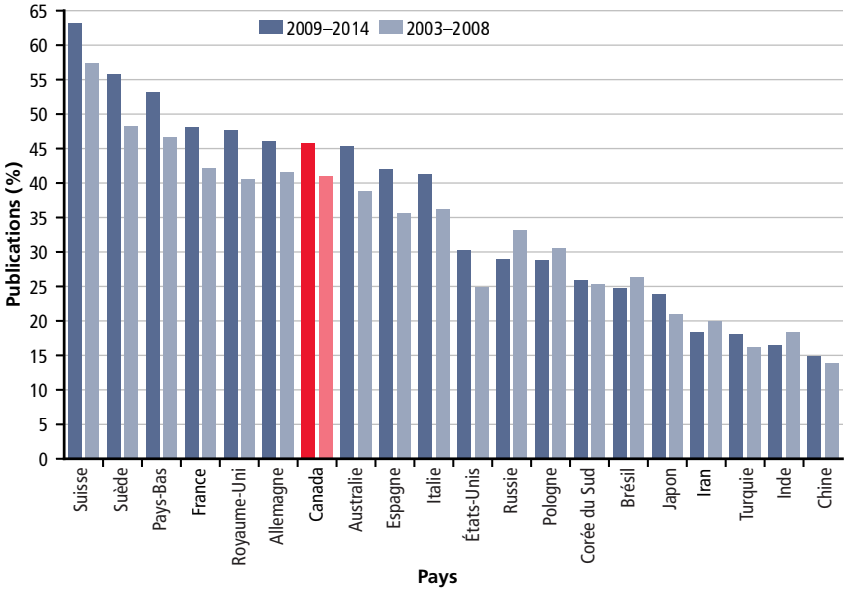
Rang	Description	Nombre de réponses	Pourcentage
7	Largement reconnue à l'échelle internationale comme étant de la recherche de premier rang (très forte).	824	14,9
6	Supérieure aux normes mondiales, mais ne répond pas aux plus hautes normes d'excellence.	1 746	31,5
5	Généralement supérieure aux normes mondiales (forte).	1 435	25,9
4	Au niveau des normes mondiales (moyenne).	1 089	19,6
3	Inférieure aux normes mondiales (faible).	296	5,3
2	Généralement inférieure aux normes mondiales.	52	0,9
1	Largement reconnue comme étant inférieure aux normes mondiales (très faible).	22	0,4
	Ne sais pas.	83	1,5

Question posée : Que pensez-vous de la force du Canada en matière de recherche dans votre domaine d'expertise? Veuillez la comparer avec la force d'autres pays avancés. Veuillez utiliser l'échelle suivante pour évaluer la force du Canada.

3.1.3 Collaboration mondiale en recherche

La recherche est de plus en plus collaborative et les collaborations internationales sont cruciales pour les grands projets. Par exemple, au CERN, des physiciens et des ingénieurs de près de 100 pays s'associent pour résoudre des problèmes scientifiques de pointe (CERN, 2015). La proportion de publications que des chercheurs canadiens ont coproduites avec leurs homologues internationaux est passée de 41 % en 2003–2008 à 46 % en 2009–2014. C'est la Suisse qui affichait le plus fort taux de collaboration au monde en 2009–2014, alors que le Canada se classait au septième rang. La recherche est aussi de plus en plus internationale; entre les deux périodes, le taux de collaboration a augmenté dans tous les pays, sauf en Russie, en Pologne, au Brésil, en Iran et en Inde. La figure 3.2 illustre, pour les 20 pays ayant produit le plus de publications, la proportion d'entre elles qui comptaient au moins un coauteur étranger.

Comme le relève le rapport sur la S-T 2012, les chercheurs des pays les plus peuplés ont tendance à moins collaborer que les pays plus petits parce que les chercheurs y ont plus d'occasions de travailler avec des compatriotes (CAC, 2012a). L'indice de collaboration (ICo) permet de surmonter ce biais par la prise en compte de la taille de la production de recherche du pays. Un ICo supérieur à 1,0 signifie que le pays collabore davantage que ce que laisserait présager son nombre de publications, alors qu'un ICo inférieur à 1,0 indique le contraire.



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

Figure 3.2

Proportion des publications scientifiques coproduites avec des chercheurs internationaux, 2003–2008 et 2009–2014

Les pourcentages présentés correspondent à la proportion du nombre de publications dont au moins un des auteurs est étranger par rapport au nombre total de publications (comptes entiers).

En 2009–2014, l'ICo du Canada était de 1,26, ce qui signifie que les chercheurs canadiens avaient collaboré 26 % plus que ce à quoi on se serait attendu d'après le nombre total de publications canadiennes. Il s'agit d'une légère hausse par rapport à la valeur de 1,21 calculée dans le rapport sur la S-T 2012 pour 2005–2010 (CAC, 2012a). Au classement selon cet indice, le Canada est septième sur les 20 pays au nombre de publications scientifiques produites, la Suisse, le Royaume-Uni et la Suède occupant les trois premières places (tableau 3.2).

3.2 LES ORGANISMES DE RECHERCHE AU CANADA

Au Canada, la majorité des publications de recherche proviennent d'un nombre restreint d'établissements (les organismes de recherche). Le milieu académique représente près de 78 % des publications produites (principalement les universités, à l'exclusion des hôpitaux de recherche affiliés) et les hôpitaux, près de 15 % (figure 3.3). Entre 2009 et 2014, les cinq plus grandes universités selon le nombre de publications (Université de Toronto, Université de la Colombie-Britannique, Université McGill, Université de l'Alberta et Université

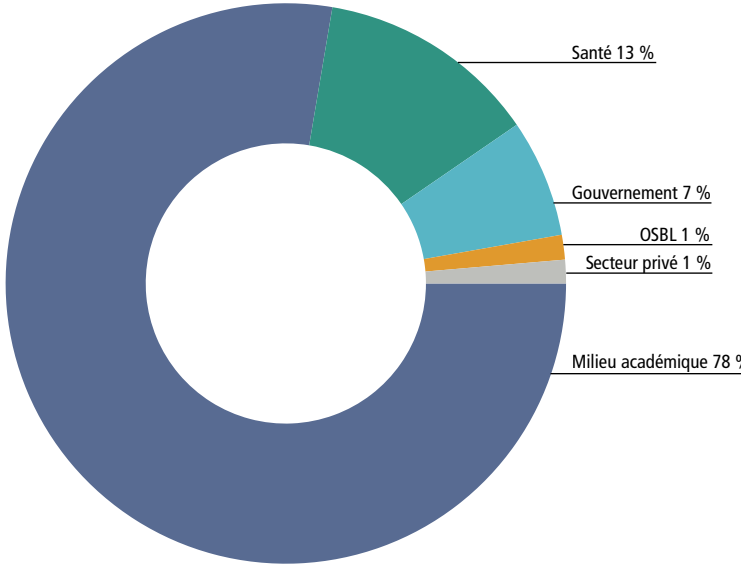
de Montréal et leurs établissements et hôpitaux affiliés) étaient à l'origine d'environ 43 % de toutes les publications canadiennes produites[22], alors que le U15 — Regroupement des universités de recherche du Canada[23] avait produit 70 % des publications. Les données portent à croire que les établissements hautement spécialisés ont un impact notable sur la recherche canadienne. Par exemple, l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), qui produit relativement peu de publications, occupe le cinquième rang en matière d'impact. Cet impact disproportionné est probablement dû à sa spécialisation en agriculture, pêcheries et foresterie (IS = 16), car la plupart de ses publications sont dans ce domaine.

La part combinée des publications gouvernementales et du secteur privé est inférieure à 10 %. Elle varie grandement en fonction du domaine de recherche. Par exemple, les hôpitaux[24] sont le deuxième contributeur en importance en médecine clinique (près de 40 % des publications) ainsi qu'en santé publique et soins de santé et en recherche biomédicale (tous deux plus de 15 %). Les gouvernements produisent environ un tiers des publications de recherche en agriculture, pêcheries et foresterie et contribuent grandement à la recherche en astronomie et en astrophysique par l'entremise du Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique du CNRC. Le secteur privé produit une proportion plus faible des publications dans la plupart des domaines, mais compte pour plus de 2 % de la production en technologies habilitantes et stratégiques, en génie et en chimie. Enfin, les organismes de recherche sans but lucratif produisent plus de 5 % des publications en physique et astronomie (tableaux A.6, A.7 et A.8 en appendice).

22 En 2015, ces établissements concentraient 45 % des revenus de la recherche subventionnée au sein des 50 plus grandes universités de recherche au Canada. Selon Re$earch Infosource, les revenus de la recherche subventionnée « incluent l'ensemble des fonds visant à appuyer la recherche reçus sous forme de subvention, de contribution ou de contrat de toutes les sources externes à l'établissement » [traduction libre] (Re$earch Infosource Inc., 2016).

23 Le U15 — Regroupement des universités de recherche du Canada — est un organisme de pression réunissant les 15 plus grandes universités de recherche canadiennes : Université de l'Alberta, Université de la Colombie-Britannique, Université de Calgary, Université Dalhousie, Université Laval, Université du Manitoba, Université McGill, Université McMaster, Université de Montréal, Université d'Ottawa, Université Queen's, Université de la Saskatchewan, Université Toronto, Université de Waterloo et Université Western.

24 À noter que la plupart des chercheurs hospitaliers sont aussi des enseignants rémunérés, à divers degrés, par leur université pour enseigner et pour former du personnel hautement qualifié; il est donc difficile de faire la distinction entre les contributions.



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

Figure 3.3

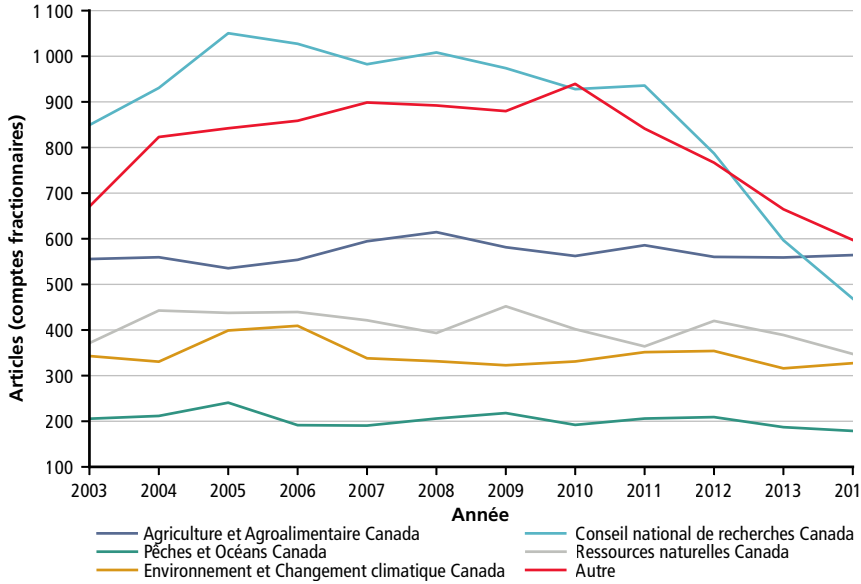
Proportion de la production de publications par organisme de recherche au Canada, 2003–2014

La figure indique la proportion de publications (en comptes fractionnaires) par organisme de recherche, tel que le milieu académique, le secteur de la santé (p. ex. hôpital), les ministères et les autres organismes.

3.2.1 Déclin de la production de recherche du gouvernement fédéral

Le gouvernement fédéral joue un rôle important dans la recherche au Canada, en particulier en agriculture, pêcheries et foresterie; en biologie; et en technologies habilitantes et stratégiques. En 2014, les principaux organismes de recherche fédérale étaient Agriculture et agroalimentaire Canada (23 % de la production), le CNRC (19%), Ressources naturelles Canada (14 %), Environnement et Changement climatique Canada (14 %) et Pêches et Océans Canada (7 %). Cependant, entre 2009 et 2014, le nombre de publications de recherche produites par le gouvernement fédéral a sensiblement chuté, passant de 3 428 à 2 484 (comptes fractionnaires) (figure 3.4).

Des 10 principaux domaines des sciences du gouvernement fédéral, ce sont technologies de l'information et des communications, physique et astronomie et chimie qui ont enregistré la plus forte baisse des publications entre 2009 et 2014, alors que c'est le CNRC qui a connu le déclin le plus prononcé parmi les établissements fédéraux, sa production passant de 1 050 (soit environ 1 800



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

Figure 3.4

Production de publications des institutions fédérales canadiennes, 2003–2014

La figure indique le nombre de publications (comptes fractionnaires) produites entre 2003 et 2014 par les 5 plus grandes institutions fédérales et par les « Autres » (Défense nationale Canada, Santé Canada, Énergie atomique du Canada limitée, Centre de recherche sur les communications Canada, Agence de santé publique du Canada, Banque du Canada, Institut océanographique de Bedford, Commission canadienne des grains, Musée canadien de la nature, Agence spatiale canadienne, Agence canadienne d'inspection des aliments, Instituts de recherche en santé du Canada, Parcs Canada et Statistique Canada).

en comptes entiers) en 2005 à environ 500 (soit environ 1 200 en comptes entiers) en 2014. Cependant l'impact des publications scientifiques du CNRC est élevé; ses publications étaient citées 45 % plus que la moyenne mondiale et son 1 % SPPC était de 1,62 en 2009–2014. Globalement, l'organisme a enregistré une hausse de sa MCR de 1,35 à 1,45 entre 2008 et 2013, malgré qu'il se soit récemment fortement focalisé sur les travaux destinés à des clients, qui génèrent des revenus. Cette réorientation s'est traduite par une réduction du temps consacré à la recherche exploratoire et une baisse concomitante du nombre de publications en général. L'embauche d'étudiants au CNRC a chuté de plus de 80 % entre 2008 et 2012 et le nombre de chercheurs employés a constamment reculé de 2009 à 2015. Ce dernier est actuellement inférieur d'environ 13 % à ce qu'il était en mars 2009 (CNRC, communication personnelle, 2017).

La stagnation des dépenses, combinée à l'importance accordée aux travaux générateurs de revenus afin de maintenir la capacité, a entraîné un délaissement de la recherche novatrice et exploratoire, qui est mieux adaptée à la publication, au profit de la recherche facturable et commerciale (CNRC, communication personnelle, 2017). Il faut noter que les chercheurs du CNRC ne sont pas admissibles aux subventions accordées par les trois organismes, à moins de posséder aussi un statut de professeur adjoint dans une université ou un collège canadien, dont le financement se limite à l'aide aux étudiants. L'intérêt et l'insistance de la politique fédérale à l'égard de la science et de la recherche exploratoire ont toutefois augmenté depuis le changement de gouvernement à l'automne 2015. L'activité actuelle au CNRC témoigne d'une intention de rétablir les collaborations avec les universités, les écoles polytechniques et les collèges pour faire avancer la connaissance et d'accroître l'investissement dans les domaines de la science exploratoire qui soutiendront la croissance future des industries.

3.3 CLASSEMENT INTERNATIONAL DU CANADA PAR DOMAINE

Le classement du Canada par domaine selon le nombre de publications ressemble à ce qu'il était dans le rapport sur la S-T 2012. Le classement pour 2009–2014 des six plus grands domaines (médecine clinique, technologies de l'information et des communications, génie, recherche biomédicale, physique et astronomie et technologies habilitantes et stratégiques[25]) selon le nombre absolu de publications n'a pas changé depuis 2005–2010, la dernière période utilisée dans le rapport sur la S-T 2012. La part du Canada dans les publications mondiales a baissé dans la plupart des domaines, à quelques exceptions près. Elle a, par exemple, augmenté en santé publique et soins de santé (de 6,6 % pour 2003–2008 à 7,1 % pour 2009–2014) et en arts visuels et arts de la scène (de 3,4 à 5,5 %) (tableau 3.5).

La production canadienne a augmenté plus lentement que la moyenne mondiale entre 2003 et 2014 (figure 3.5) dans la plupart des domaines, à l'exception d'arts visuels et arts de la scène (quoique l'échantillon soit petit) et santé publique et soins de santé. Il s'agit d'un changement notable comparativement au rapport sur la S-T 2012, qui relevait que la moitié des domaines avaient enregistré une croissance plus rapide que la moyenne mondiale entre 1999 et 2010 (pour en savoir plus, voir CAC, 2016). Le comité d'experts a noté la tendance à la baisse de la croissance dans les domaines des technologies habilitantes et stratégiques, de la chimie et de la physique et astronomie.

25 Ce dernier domaine comprend les sous-domaines touchant les technologies nouvelles ou émergentes, tels qu'énergie, biotechnologie, bio-informatique, nanoscience et nanotechnologie et optoélectronique et photonique.

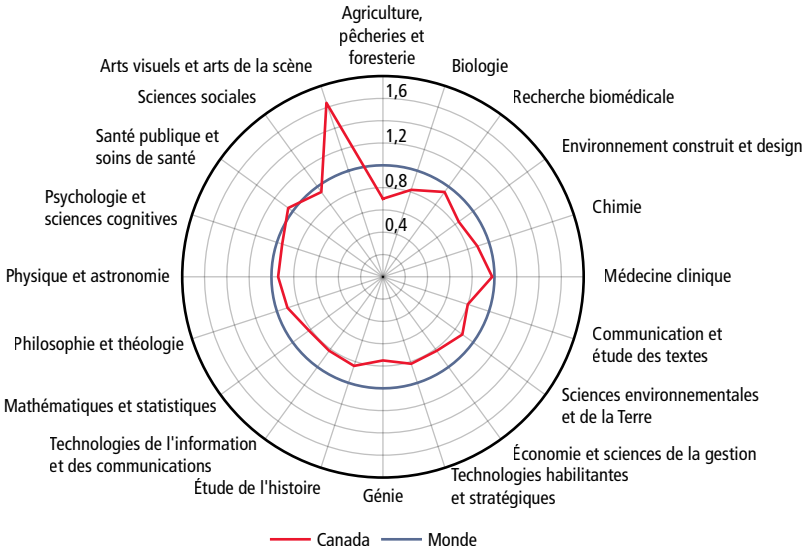
Tableau 3.5

Nombre total de publications, part de la production mondiale et indice de spécialisation du Canada, par domaine de recherche, 2003–2008 et 2009–2014

Domaine	Nombre de publications 2009–2014		Part du Canada dans les publications mondiales		IS	
	Canada	Monde	2009–2014 (%)	2003–2008 (%)	2009–2014	2003–2008
Psychologie et sciences cognitives	15 322	203 231	7,5	7,7	2,05	1,88
Santé publique et soins de santé	20 872	292 529	7,1	6,6	2,02	1,69
Philosophie et théologie	2 942	51 535	5,7	6,2	1,86	1,81
Sciences environnementales et de la Terres	19 276	349 790	5,5	5,8	1,22	1,22
Arts visuels et arts de la scène	664	12 138	5,5	3,4	1,84	0,98
Recherche biomédicale	35 337	730 600	4,8	4,9	1,19	1,11
Biologie	20 364	431 532	4,7	5,4	1,14	1,21
Sciences sociales	17 351	367 697	4,7	4,9	1,46	1,35
Environnement construit et design	3 975	85 646	4,6	5,4	1,36	1,41
Économie et sciences de la gestion	12 812	284 327	4,5	5,2	1,16	1,24
Communication et étude des textes	3 751	83 407	4,5	5,6	1,51	1,66
Agriculture, pêcheries et foresterie	16 079	361 922	4,4	5,9	1,19	1,49
Technologies de l'information et des communications	38 236	897 429	4,3	4,9	1,14	1,22
Science et technologie, général	9 722	230 907	4,2	2,9	0,87	0,48
Médecine clinique	106 899	2 584 581	4,1	3,9	1,05	0,94
Étude de l'histoire	2 952	73 052	4,0	4,8	1,25	1,31
Arts et sciences humaines, général	482	13 026	3,7	3,6	1,17	0,98
Mathématiques et statistiques	10 249	286 853	3,6	4,2	0,85	0,91
Génie	37 902	1 156 209	3,3	4,2	0,90	1,06
Physique et astronomie	33 783	1 102 228	3,1	3,0	0,65	0,60
Technologies habilitantes et stratégiques	32 006	1 227 152	2,6	3,1	0,71	0,76
Chimie	18 873	796 279	2,4	2,6	0,64	0,63

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

Les domaines sont classés selon la part du Canada dans les publications mondiales entre 2009 et 2014.



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

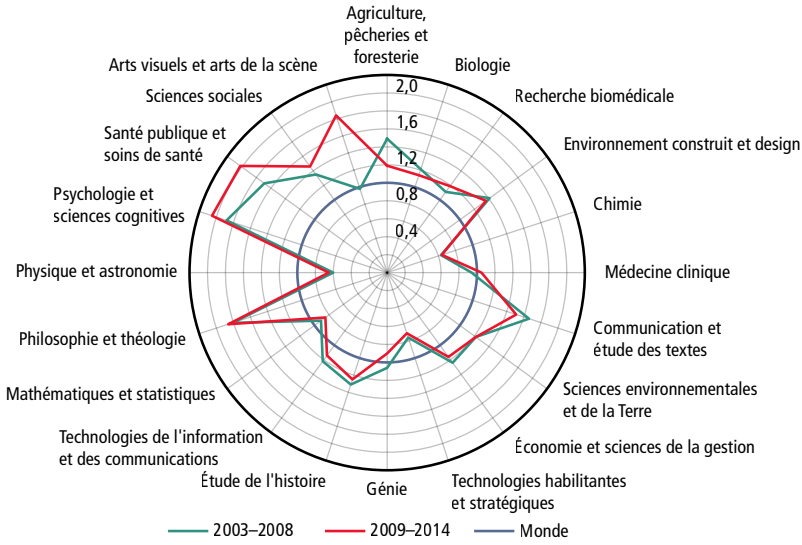
Figure 3.5

Indice de croissance par domaine de recherche au Canada et dans le monde, 2003–2014

La figure illustre les indices de croissance (ICr) canadiens par domaine de recherche par rapport aux ICr mondiaux. L'ICr est obtenu par comparaison de la croissance pour 2008–2014 et pour 2003–2008.

Par rapport à la moyenne mondiale, la recherche au Canada est relativement élevée en psychologie et sciences cognitives, en santé publique et soins de santé, en philosophie et théologie, en sciences environnementales et de la Terre et en arts visuels et arts de la scène. Par contre, elle est relativement faible en chimie, en physique et astronomie et en technologies habilitantes et stratégiques (figure 3.6). Globalement, l'indice de spécialisation (IS) du Canada n'a pas considérablement varié entre 2003–2008 et 2009–2014, sauf en arts visuels et arts de la scène[26] et en santé publique et soins de santé, pour lesquels il a augmenté (figure 3.6). Par rapport au reste du monde, le Canada se spécialise en général dans des sujets généralement associés aux sciences humaines et aux sciences sociales (ainsi qu'à la santé et à l'environnement), mais pas dans les champs traditionnellement associés aux sciences physiques et au génie.

26 Le Canada et le monde dans son ensemble ont connu une forte croissance des publications dans ce domaine ces dernières années, même si la quantité initiale était relativement faible. La production mondiale de publications en arts visuels et arts de la scène a approximativement doublé entre 2003 et 2014, pour atteindre un peu plus de 2 000, tandis que la production canadienne a plus que quadruplé, passant de 33 publications en 2003 à 136 en 2014. Dans les deux cas, cependant, les publications dans ce domaine ne représentent encore qu'un très faible pourcentage du total des publications indexées dans Scopus.



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

Figure 3.6

Indice de spécialisation par domaine de recherche au Canada, 2009–2014 et 2003–2008

La figure illustre les indices de spécialisation (IS) canadiens par domaine de recherche par rapport au reste du monde.

3.3.1 Impact par domaine

Tous les domaines de recherche au Canada affichent une MCR supérieure à 1,0 pour 2009–2014 (tableau 3.6), ce qui indique un taux de citations au-dessus de la moyenne mondiale. La moyenne des MCR des pays du G7 constitue cependant un meilleur repère concurrentiel. Six domaines au Canada présentent à la fois un IS et une MCR élevés (supérieurs à la moyenne des MCR des pays du G7) : médecine clinique; biologie; technologies de l'information et des communications; agriculture, pêcheries et foresterie; sciences environnementales et de la Terre; et économie et sciences de la gestion. Certains domaines affichent au Canada une MCR inférieure à la moyenne du G7, et en particulier la recherche biomédicale. Santé publique et soins de santé et psychologie et sciences cognitives se trouvent également dans cette situation, quoique dans ce dernier cas, le Canada se situe toujours parmi les cinq premiers pays selon la MCR pour 2009–2014[27]. (Voir la figure A.2 en appendice et CAC, 2016.).

27 Ce phénomène se produit généralement quand la reproduction de recherche est fortement concentrée dans plusieurs pays (p. ex. aux États-Unis), ce qui permet à ces pays de bien se classer malgré une MRC plus faible (dans certains cas, inférieure à 1,0). Voir le rapport sur la S-T 2012 (CCA, 2012a) pour une étude approfondie de cet effet.

Tableau 3.6
Principaux indicateurs de l'impact de la recherche canadienne, par domaine de recherche, 2003–2008 et 2009–2014

Domaine	2009–2014				2003–2008			
	Rang selon la MCR	MCR	MeCR	1 % SPPC	Rang selon la MCR	MCR	MeCR	1 % SPPC
Arts et sciences humaines, général	2	1,58	2,00	2,25	9	1,11	1,67	0,93
Psychologie et sciences cognitives	4	1,16	1,22	1,34	3	1,12	1,22	0,92
Médecine clinique	5	1,73	1,75	2,48	2	1,62	1,75	2,08
Physique et astronomie	5	1,54	1,50	2,09	4	1,38	1,50	1,56
Étude de l'histoire	5	1,28	2,00	1,81	4	1,21	1,50	1,27
Arts visuels et arts de la scène	5	1,24	–	1,64	2	1,66	2,00	2,90
Technologies de l'information et des communications	6	1,42	1,00	1,61	5	1,36	1,67	1,40
Économie et sciences de la gestion	6	1,38	1,50	1,57	6	1,17	1,33	1,25
Chimie	6	1,28	1,50	1,35	7	1,25	1,53	1,26
Philosophie et théologie	6	1,23	2,00	1,32	10	0,93	1,00	0,65
Science et technologie, général	7	1,77	1,83	2,48	6	2,22	7,80	3,11
Agriculture, pêcheries et foresterie	7	1,44	1,67	1,88	8	1,25	1,38	1,68
Biologie	7	1,43	1,60	2,31	8	1,32	1,45	1,70
Sciences sociales	7	1,17	1,00	1,35	10	1,09	1,33	1,08
Génie	8	1,38	1,60	1,65	8	1,37	2,00	1,47
Sciences environnementales et de la Terre	8	1,33	1,50	1,64	7	1,31	1,56	1,56
Santé publique et soins de santé	8	1,24	1,29	1,79	6	1,28	1,36	1,56
Technologies habilitantes et stratégiques	9	1,34	1,40	1,47	8	1,31	1,50	1,63
Recherche biomédicale	9	1,25	1,25	1,56	9	1,17	1,22	1,20
Mathématiques et statistiques	9	1,14	1,00	1,07	8	1,13	1,29	1,08
Communication et étude des textes	9	1,09	1,00	1,30	8	1,02	1,00	0,99
Environnement construit et design	14	1,01	1,00	1,05	10	1,16	1,22	1,28

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

Les classements correspondent à la MCR pour 2009–2014 et 2003–2008 et concernent les 20 pays ayant produit le plus de publications dans le domaine. Les indicateurs concernant les sous-domaines sont présentés aux tableaux A.4 et A.5 en appendice.

Les domaines dont la MCR est la plus haute (supérieure à 1,50) sont médecine clinique et physique et astronomie, tous deux définis comme points forts du Canada dans le rapport sur la S-T 2012[28]. La MCR a augmenté pour pratiquement tous les domaines au Canada entre 2003–2008 et 2009–2014, arts visuels et arts de la scène, environnement construit et design et santé publique et soins de santé constituant des exceptions, et encore, la MCR n'a que légèrement baissé pour ce dernier domaine. La MeCR révèle toutefois une tendance différente dans plusieurs cas (voir CAC, 2016).

En 2005–2010[29] comme en 2009–2014, le Canada se classait parmi les cinq premiers pays selon la MCR dans cinq domaines (en plus de science et technologie, général, et arts et sciences humaines, général[30]) : psychologie et sciences cognitives, médecine clinique, physique et astronomie, études de l'histoire et arts visuels et arts de la scène. (La répartition de la MCR pour le Canada par rapport aux 20 premiers pays est illustrée à la figure A.1 en appendice.) Le Canada était surreprésenté dans le 1 % SPPC dans tous les domaines en 2009–2014. Les domaines dont le 1 % SPPC est supérieur à 2,0 sont médecine clinique, biologie et physique et astronomie, ainsi que science et technologie, général, et arts et sciences humaines, général.

Le classement du Canada selon la MCR s'est amélioré entre 2003–2008 et 2009–2014 dans les domaines suivants : philosophie et théologie; sciences sociales; agriculture, pêcheries et foresterie; biologie; et chimie. Cependant, la baisse enregistrée dans 13 des 22 domaines laisse entrevoir un léger affaiblissement de la place du Canada par rapport aux autres pays dans la plupart des domaines[31]. Par exemple, le Canada a perdu plusieurs places en médecine clinique et en santé publique et soins de santé. À l'inverse, il est passé du dixième au sixième rang en chimie.

Les classements selon la MCR ne sont pas aussi significatifs dans certains domaines pour lesquels les pays ont un indice semblable (p. ex. en mathématiques et statistiques) (voir la figure A.1 en appendice).

28 La comparaison avec l'analyse du rapport sur la S-T 2012 requiert une certaine prudence en raison des limites des données bibliométriques exposées à la section 3.6.1.

29 Période visée par le rapport sur la S-T 2012.

30 Science et technologie, général, et arts et sciences humaines, général correspondent à des publications dans des revues multidisciplinaires, comme *Science* et *Nature*, auxquelles il n'est pas possible d'attribuer un domaine en raison des caractéristiques mêmes de la revue. Les classements présentés concernent les 20 pays ayant produit le plus de publications dans ce domaine. Ils seraient différents si des pays ayant moins publié étaient inclus. Les pays de même indice sont classés au même rang.

31 À noter que la plupart du temps, les baisses n'ont été que d'un rang et que les pays s'échangent souvent les places à la suite de légères fluctuations.

3.3.2 Réputation et leadership par domaine

Le tableau 3.7 présente la proportion des chercheurs les plus cités qui ont nommé le Canada comme l'un des cinq premiers pays au monde dans leur domaine. Les résultats sont extrêmement cohérents avec l'enquête menée en 2012, les différences n'étant que très légères dans la plupart des cas. Le Canada continue à figurer parmi les cinq premiers pays dans les trois quarts des domaines. Ceux pour lesquels les répondants ont été peu nombreux (p. ex. arts visuels et arts de la scène et communication et étude des textes) ont montré une plus grande volatilité; les résultats pour ces champs doivent donc être interprétés avec prudence.

On interrogeait également les chercheurs les plus cités sur leur familiarité avec les établissements de recherche et chercheurs canadiens (tableau B.1 en appendice). Globalement, les chercheurs les plus cités connaissent de plus en plus la recherche canadienne. La proportion de chercheurs qui ont travaillé ou étudié au Canada, ou qui ont collaboré avec des chercheurs canadiens, a augmenté depuis 2012.

3.4 POINTS FORTS DE LA RECHERCHE CANADIENNE

Le rapport sur la S-T 2012 s'appuyait principalement sur deux mesures pour définir les points forts de la recherche canadienne : le classement international par domaine selon la MCR (2005–2009) et le classement international selon l'enquête menée auprès des chercheurs les plus cités de partout dans le monde. Ces indicateurs, combinés au nombre et à la croissance des publications de recherche, mettent en lumière six domaines dans lesquels le Canada excellait : médecine clinique, études de l'histoire, technologies de l'information et des communications (TIC), physique et astronomie, psychologie et sciences cognitives et arts visuels et arts de la scène. Le Canada se classe parmi les cinq premiers pays au monde dans tous ces domaines (sauf en TIC) à la MCR et dans tous les domaines (sauf physique et astronomie) lors de l'enquête. Trois de ces domaines (médecine clinique, TIC et physique et astronomie) font partie des cinq principaux domaines de recherche au pays selon le nombre de publications, bien que la part du Canada dans la recherche en TIC soit en baisse.

Dans un but de comparaison, le comité d'experts a répété l'analyse à l'aide des données mises à jour pour 2009–2014 (figure A.3 en appendice). Dans cette analyse, le Canada conserve approximativement son rang par rapport aux autres pays avancés dans la plupart des domaines. En général, les points forts de la recherche varient peu par rapport au rapport sur la S-T 2012. Les quatre domaines dans lesquels le Canada se classait parmi les cinq premiers pays selon la MCR et selon l'enquête (médecine clinique, psychologie et sciences cognitives, études de l'histoire et arts visuels et arts de la scène) sont les mêmes en 2017.

Tableau 3.7

Résultat de l'enquête par domaine, 2012 et 2016

Domaine	2016 Nombre de réponses	2016 (%)*	2016 Rang**	2012 (%)*	2012 Rang
Arts visuels et arts de la scène	11	92	3	55	4
Philosophie et théologie	38	72	3	79	3
Santé publique et soins de santé	203	58	3	58	3
Économie et sciences de la gestion	191	56	3	63	3
Sciences sociales	249	54	3	54	3
Agriculture, pêcheries et foresterie	224	49	3	57	2
Environnement construit et design	40	36	3	29	5
Psychologie et sciences cognitives	256	61	4	69	3
Médecine clinique	364	42	4	43	4
Technologies de l'information et des communications	387	41	4	42	4
Biologie	284	39	4	37	5
Sciences environnementales et de la Terre	413	38	4	41	4
Recherche biomédicale	614	35	4	37	5
Communication et étude des textes	53	42	5	58	4
Étude de l'histoire	66	32	5	35	5
Mathématiques et statistiques	220	28	6	27	5
Physique et astronomie	447	24	7	19	7
Génie	623	23	7	27	7
Technologies habilitantes et stratégiques	442	17	8	17	8
Chimie	422	16	8	20	7

*Le pourcentage représente la proportion de chercheurs les plus cités qui ont nommé le Canada comme l'un des cinq premiers pays au monde dans leur domaine.
** Rang du Canada parmi les pays du monde désignés comme les cinq premiers dans le domaine de recherche des répondants. Les domaines sont classés selon leur rang en 2016, puis par pourcentage en 2016.

Physique et astronomie continue également à obtenir de bons résultats selon ces indicateurs, bien que le Canada ait chuté de la troisième à la cinquième place au classement selon la MCR. Les classements pour les TIC n'ont pas varié : le Canada est quatrième selon l'enquête et sixième selon la MCR.

D'après cette analyse, le Canada continue à exceller dans les domaines considérés comme des points forts de la recherche en 2012, bien qu'il ait reculé en médecine clinique et en physique et astronomie. La constance des indicateurs dans le temps n'est pas surprenante, car ceux-ci traduisent des moyennes nationales portant sur de grands nombres de publications et sont révélateurs d'atouts de la recherche institutionnelle qui prennent un temps considérable à se développer. Cependant, même si les différences de MCR nationales sont souvent faibles, elles peuvent entraîner d'importants changements au classement (figure A.1 en appendice). Mais les variations de rang ne révèlent pas toujours une modification de l'impact de la recherche. De plus, l'analyse à l'échelle des domaines cache souvent une divergence de rendement et de tendance entre les sous-domaines.

3.4.1 Analyse des points forts de la recherche selon l'ampleur, l'impact et la croissance

Afin de ne pas s'appuyer exclusivement sur les classements en vertu de la MCR et de l'enquête, le comité d'experts a pensé une autre méthodologie pour déterminer les secteurs dans lesquels la recherche canadienne est forte. Dans cette méthodologie, les points forts de la recherche sont modélisés en fonction de trois dimensions sous-jacentes :

- *Ampleur :* étendue de la production de recherche canadienne par rapport au reste du monde;
- *Impact :* influence de la recherche sur les publications ultérieures, mesurée par le nombre de citations;
- *Croissance :* variation de la production de recherche dans le temps par rapport aux autres pays du monde.

Le comité a élaboré un indicateur composite permettant de comparer le rendement des domaines selon ces trois dimensions. Pour mesurer l'ampleur, il a étudié la proportion canadienne de la recherche mondiale dans le domaine ou le sous-domaine. Pour évaluer l'impact, il a incorporé deux indicateurs reposant sur les citations : la MCR, afin de déterminer la place du Canada par rapport à la moyenne mondiale, et le classement selon la MCR, pour établir le classement du Canada par rapport aux autres grands pays. Enfin, il a mesuré la croissance à l'aide de l'ICr, qui reflète la croissance du Canada dans le domaine ou sous-domaine par rapport à la moyenne mondiale. L'indicateur composite peut servir à analyser le rendement pour les domaines et les sous-domaines. Les

quatre indicateurs sont pondérés de la même façon, ce qui accorde à l'impact un poids supérieur à l'ampleur et à la croissance dans l'indice composite. La figure 3.7 illustre les résultats de cette analyse à l'échelle du domaine et du sous-domaine.

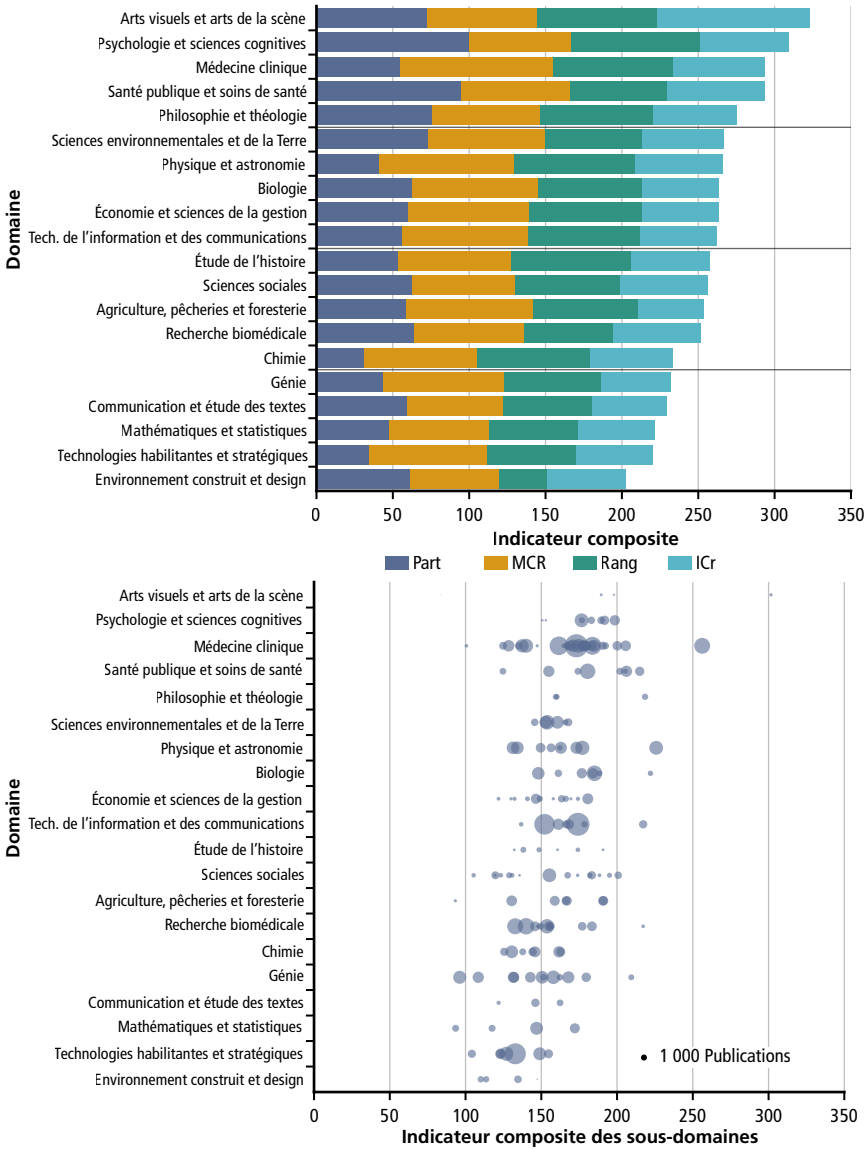
3.4.2 Indices composites pour la recherche par domaine et quartile

Cette approche permet de répartir les 20 domaines de recherche[32] en trois grands groupes. Le quartile supérieur (c.-à-d. les cinq domaines les plus performants) représente les domaines où le Canada est le plus fort. Les deux quartiles du milieu peuvent être réunis, car leurs indices composites sont étroitement regroupés autour de la médiane. Le quartile inférieur reflète donc les domaines dans lesquels le Canada est moins compétitif que les autres pays d'après ces critères.

Les cinq domaines du quartile supérieur sont arts visuels et arts de la scène, psychologie et sciences cognitives, médecine clinique, santé publique et soins de santé et philosophie et théologie. Dans ces champs, le Canada excelle selon tous les indicateurs sous-jacents, bien que l'écart dans leurs sous-éléments révèle des différences en ce qui concerne les sources de leur force. Par exemple, psychologie et sciences cognitives et santé publique et soins de santé au Canada représentent tous deux plus de 7 % de la recherche mondiale, leur indicateur d'ampleur est donc très élevé. La croissance de la production en arts visuels et arts de la scène est également notablement plus grande que dans la plupart des autres domaines (elle est 64 % supérieure au taux de croissance mondial), ce qui contribue notablement au rendement élevé du Canada dans ce champ. Tous ces domaines affichent un impact élevé. Le Canada se classe parmi les cinq premiers pays selon la MCR dans trois d'entre eux et médecine clinique enregistre une MCR plus de 50 % supérieure à la moyenne mondiale (c.-à-d. de plus de 1,5). L'encadré 3.1 présente d'autres faits concernant les domaines du quartile supérieur.

Le deuxième et le troisième quartile sont étroitement regroupés et forment un solide ensemble intermédiaire de domaines. La plupart de ces derniers sont concurrentiels face à ceux qui se trouvent dans le quartile supérieur en ce qui concerne les indicateurs choisis, mais souffrent d'une faiblesse dans une des dimensions. Par exemple, si physique et astronomie fait partie des cinq domaines les plus performants d'après les indicateurs de croissance et d'impact, son indice composite est affaibli par un indicateur d'ampleur faible, car la part de la production canadienne est réduite (3 % de la production mondiale, contre une moyenne de 4 % pour l'ensemble des domaines). Cette combinaison de fort impact et de part comparativement faible de la production

32 Science et technologie, général et arts et sciences humaines, général sont exclus, car ils regroupent la recherche de nombreux domaines.



Source des données : calculs du comité d'experts d'après les données fournies par Science-Metrix à l'aide de la base de données Scopus (Elsevier)

Figure 3.7

Indicateur composite par domaine et sous-domaine de recherche au Canada, 2009–2014

Les indicateurs composites sont construits à partir de quatre indices : MCR, classement selon la MCR, ICr et part du Canada des publications mondiales dans le domaine ou le sous-domaine (ces indicateurs sont définis dans le tableau 3.1). Les quatre indicateurs correspondant à un domaine sont normalisés par rapport à ceux des autres domaines et les indicateurs d'un sous-domaine le sont par rapport à ceux des autres sous-domaines. Les quatre indices ont la même pondération. Le volet du haut illustre les indicateurs composites pour les domaines, ainsi que leurs quatre composants. Le volet du bas illustre la dispersion des indicateurs composites pour les sous-domaines à l'intérieur de chaque domaine, la taille des bulles correspondant au nombre de publications. Les indicateurs composites de chaque domaine et sous-domaine sont présentés dans le tableau A.4 en appendice.

donne à penser que ce domaine constitue une opportunité pour le Canada. Les TIC sont un autre domaine dont les indicateurs sont relativement élevés en ce qui concerne l'impact, mais dont le rendement en ce qui a trait à l'ampleur et à la croissance est faible.

Encadré 3.1
Les domaines de recherche du quartile supérieur en bref

- **Arts visuels et arts de la scène :** Ce domaine a produit seulement 664 publications en 2009–2014 et ne comporte que quatre sous-domaines. Par conséquent, les indicateurs bibliométriques reposent sur un nombre relativement réduit de publications et sont donc plus variables dans le temps. Depuis la dernière période, la proportion des publications canadiennes dans ce domaine a augmenté de 2,1 points de pourcentage, mais le Canada a perdu trois places au classement à la MCR, chutant au cinquième rang. Ce domaine comporte le sous-domaine le mieux classé (théâtre et dramaturgie) et le moins bien classé (folklore) d'après l'indice composite.
- **Psychologie et sciences cognitives :** Cette analyse confirme la force du Canada en psychologie et sciences cognitives, malgré un léger affaiblissement de son leadership. Le Canada compte pour 7,5 % des publications mondiales dans ce domaine, une baisse de 0,2 point de pourcentage par rapport à la période précédente. Bien que la MCR ait légèrement augmenté, le Canada a perdu une place au classement selon cet indice et selon l'enquête internationale dans ce domaine et figure désormais au quatrième rang. Deux sous-domaines figurent parmi les 20 sous-domaines les plus performants : psychologie sociale et psychologie du développement et de l'enfant.
- **Médecine clinique :** La médecine clinique est le domaine dans lequel la production est la plus importante, avec 106 899 publications en 2009–2014. Malgré une chute de la deuxième à la cinquième place au classement selon la MCR, le Canada a accru sa part des publications mondiales de 0,2 point de pourcentage et sa part des publications les plus citées (1 % SPPC) est passée de 2,1 à 2,5. Le leadership du Canada en médecine clinique repose sur quatre sous-domaines classés parmi les 20 les plus performants : médecine générale et interne, système respiratoire, anesthésiologie et pathologie (figure 3.8). Le Canada est particulièrement fort en médecine générale et interne, qui figure au deuxième rang sur les 174 sous-domaines, avec une croissance de 21 % de la production et a connu une hausse notable de son impact (selon la MCR et la MeCR). Comme dans la plupart des domaines, le rendement dans les sous-domaines de la médecine clinique est variable. Par exemple, la performance relative du Canada en pharmacologie et pharmacie, en ophtalmologie et optométrie et en médecine légale est particulièrement faible.

suite à la page suivante

- **Santé publique et soins de santé :** Santé publique et soins de santé représente 20 872 publications et la part du Canada dans les publications mondiale a augmenté de 0,5 point de pourcentage pour atteindre 7,1 %. Le rapport sur la S-T 2012 n'a pas souligné ce domaine, probablement en raison de son piètre classement selon la MCR (huitième). Toutefois, il est le seul (hormis arts visuels et arts de la scène) à avoir connu une croissance supérieure à la moyenne mondiale. Quatre sous-domaines sont classés parmi les 20 sous-domaines les plus performants : politique et services de santé, orthophonie et audiologie, épidémiologie et réadaptation. En revanche, la gérontologie se classe parmi les 20 sous-domaines les moins performants.
- **Philosophie et théologie :** Le Canada a produit 2 942 publications dans ce domaine en 2009–2014, soit 5,7 % du total mondial. Le domaine affiche une MCR modérément élevée de 1,23 et le Canada se classe sixième à l'échelle internationale dans ce champ en fonction de la MCR. Cependant, la recherche canadienne est tenue en haute estime dans le monde, elle se classe au troisième rang dans l'enquête menée auprès des chercheurs les plus cités. La MCR et le classement selon la MCR se sont améliorés dans ce domaine depuis la dernière évaluation de l'état de la S-T effectuée par le CAC. (En 2012, la croissance de la production était moyenne, à 90 % de la moyenne mondiale.) Cependant, la force du Canada dans ce champ est principalement attribuable aux excellents résultats du sous-domaine de l'éthique appliquée.

Dans les domaines du quartile inférieur, les indices composites chutent brutalement. La performance de la recherche canadienne y est préoccupante et affiche une faiblesse dans les quatre indicateurs sous-jacents. Environnement construit et design constitue le domaine dont l'indice composite est le plus faible, et de loin, mais technologies habilitantes et stratégiques et mathématiques et statistiques sont également peu performants et chimie et génie ne valent pas mieux. Le rendement de ces domaines souffre d'une part réduite de la production mondiale, alliée à un taux de croissance bas et à une MCR et à un classement selon la MCR moins concurrentiels. Ces domaines constituent des champs où la recherche canadienne est peu compétitive.

L'analyse des indices composites complète l'approche utilisée pour le rapport sur la S-T 2012, mais procure aussi des indications supplémentaires. L'absence dans le quartile supérieur de certains domaines définis comme des points forts dans la précédente évaluation (TIC, études de l'histoire et physique et astronomie) est la conséquence de l'inclusion des indicateurs d'ampleur et de croissance. En matière d'ampleur, par exemple, aucun de ces trois domaines ne se situe au-dessus de la médiane de la part des publications mondiales. En TIC, la part du Canada baisse graduellement, elle a chuté de 4,9 % en

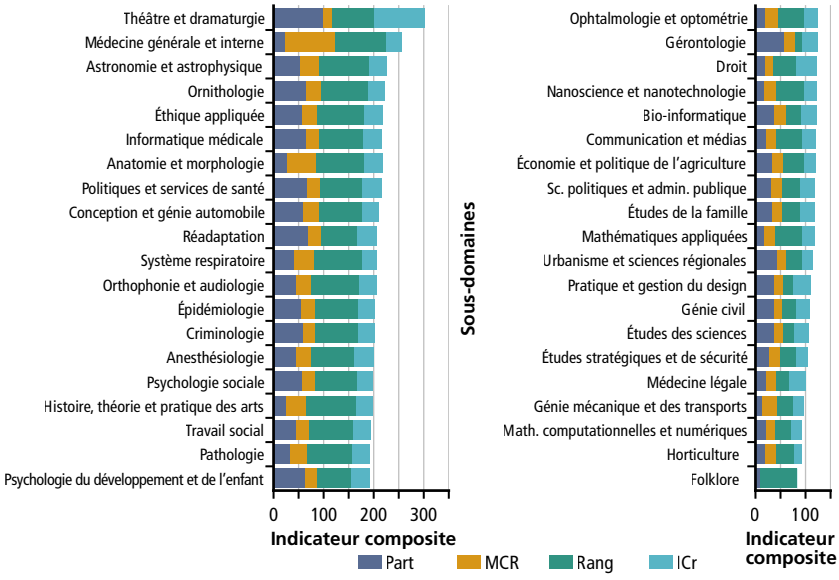
2003–2008 à 4,3 % en 2009–2014. La MCR et le classement à l'enquête n'ont pas changé pour TIC et études de l'histoire comparativement au rapport sur la S-T 2012, bien que physique et astronomie soit passé de troisième à cinquième au classement selon la MCR.

3.4.3 Indices composites par sous-domaine

Les indices composites concernant les domaines cachent souvent des variations significatives, ils varient souvent grandement pour les sous-domaines d'un même domaine. Arts visuels et arts de la scène en est l'exemple le plus évident : il comprend le sous-domaine le mieux classé (théâtre et dramaturgie) et le moins bien classé (folklore). Cependant, d'autres domaines présentent aussi de grosses variations de rendement en ce qui concerne ces indicateurs.

La figure 3.8 illustre les 20 sous-domaines les plus et les moins performants d'après l'indice composite. Les 20 sous-domaines les plus performants mettent en évidence la force du Canada dans la recherche sur la santé. Plusieurs sous-domaines de médecine clinique et de santé publique et soins de santé apparaissent dans cette liste. Psychologie, psychologie sociale et psychologie du développement et de l'enfant ressortent comme des points forts. Dans le domaine des arts, théâtre et dramaturgie et histoire, théorie et pratique des arts se distinguent, ce dernier sous-domaine figurant au premier rang des sous-domaines, surtout en raison de la croissance de sa production bien supérieure à la moyenne mondiale. En sciences naturelles, seuls astronomie et astrophysique et ornithologie figurent parmi les 20 sous-domaines les plus performants, desquels criminologie est le seul représentant des sciences sociales. Dans les sous-domaines rattachés à la technologie, informatique médicale et conception et génie automobile se distinguent. Les sous-domaines les moins performants selon l'indice composite sont plus diversifiés, mais comprennent plusieurs sous-éléments du génie et des technologies habilitantes et stratégiques.

Les indices composites des sous-domaines aident aussi à mettre en lumière plusieurs tendances importantes au chapitre des domaines. En philosophie et théologie, par exemple, la force du Canada découle principalement de la production et de l'impact de la recherche dans le sous-domaine de l'éthique appliquée. Ce sous-domaine occupe la cinquième place au classement selon l'indice composite. Par comparaison, les deux autres sous-domaines de ce champ (philosophie, et religions et théologie) se classent au 92^{e} et au 93^{e} rang, respectivement. De même, en physique et astronomie, la force du Canada est plus claire dans le sous-domaine de l'astronomie et de l'astrophysique, qui occupe la 3^{e} position, alors que sur les huit autres sous-domaines de ce champ, celui qui est le mieux classé ensuite est physique des particules et nucléaire, qui occupe la 49^{e} place.



Source des données : calculs du comité d'experts d'après les données fournies par Science-Metrix à l'aide de la base de données Scopus (Elsevier)

Figure 3.8

Indicateur composite des 20 sous-domaines les plus et les moins performants au Canada, 2009–2014

Le volet de gauche représente les indicateurs composites pour les 20 sous-domaines les plus performants et le volet de droite illustre les indicateurs composites pour les 20 sous-domaines les moins performants. Les indicateurs composites sont construits à partir de quatre indicateurs : MCR, classement selon la MCR, ICr et part du Canada des publications mondiale dans le domaine ou le sous-domaine (ces indicateurs sont définis dans le tableau 3.1). Les sections de couleur dans chaque barre correspondent à la valeur de chaque composant. Les quatre indicateurs ont la même pondération. Les indicateurs composites de chaque domaine et sous-domaine sont présentés dans le tableau A.4 en appendice.

3.5 TECHNOLOGIES HABILITANTES ET STRATÉGIQUES

Les domaines de recherche émergents concernent souvent des disciplines technologiques habilitantes dont les utilisations sont prometteuses et qui recèlent un potentiel transformationnel, comme la biotechnologie, la nanotechnologie, les technologies propres, l'intelligence artificielle et la médecine régénérative. Ces domaines suscitent énormément d'intérêt et attirent de gros investissements de la part des gouvernements et de l'industrie partout dans le monde, en partie en raison du potentiel commercial et économique qu'on leur attribue. Le rendement de la recherche canadienne dans ces domaines peut être en partie évalué grâce aux données bibliométriques relatives à des domaines et des sous-domaines particuliers et d'autres données probantes complémentaires.

Le comité d'experts a examiné les domaines de recherche émergents principalement dans deux champs bibliométriques : technologies habilitantes et stratégiques et technologies de l'information et des communications. Le tableau 3.8 résume les principaux indicateurs correspondant aux sous-ensembles sélectionnés de ces domaines. Les données laissent penser que la production et l'impact de la recherche canadienne sont modestes dans nombre de ces sous-domaines, et plus faibles que pour beaucoup de pays pairs. Hormis en biotechnologie, le Canada ne figure parmi les cinq premiers pays au classement selon la MCR dans aucun des sous-domaines des technologies habilitantes et stratégiques. C'est en optoélectronique et photonique qu'il est le mieux classé ensuite, avec une septième place, suivi de matériaux et de nanoscience et nanotechnologie, tous deux classés au neuvième rang. La production de la recherche canadienne dans la plupart de ces sous-domaines est également faible selon les normes internationales, comme l'indiquent les IS. Seuls deux d'entre eux ont un IS supérieur à 1,0 : énergie, dont l'IS de 1,05, révèle une production très proche de la moyenne mondiale, et bio-informatique, qui affiche un IS de 1,23. Bio-informatique est le seul de ces sous-domaines pour lequel le Canada représente plus de 4 % de la production mondiale. La production et la part de la production mondiale en biotechnologie, en matériaux et en nanoscience et nanotechnologie sont particulièrement maigres. De plus, aucun de ces sous-domaines ne présente un ICr supérieur à 1,0, ce qui signifie que la production croît moins rapidement au Canada qu'à l'échelle planétaire.

Par comparaison, plusieurs sous-domaines des technologies de l'information et des communications se révèlent être des champs dans lesquels le Canada excelle. Informatique médicale, en particulier, semble constituer un secteur de la recherche dans lequel le Canada est hautement spécialisé (il représente plus de 8 % de la recherche mondiale) et a un fort impact (il est classé troisième au classement selon la MCR parmi les pays les plus productifs). Les autres sous-domaines des TIC dans lesquels le Canada se classe parmi les cinq premiers pays selon la MCR sont architecture et matériel informatiques, systèmes informatiques et réseautique et télécommunications. En revanche, théorie du calcul informatique et informatique distribuée sont moins biens classés selon cet indice, et informatique distribuée, intelligence artificielle et traitement de l'image se distinguent comme les seuls sous-domaines des TIC dans lesquels le Canada représente moins de 4 % de la production mondiale[33]. La R-D canadienne sur l'intelligence artificielle est examinée en détail à la section 4.4.1.

33 Le comité d'experts a noté que certains sous-domaines des mathématiques étroitement liés à l'intelligence artificielle, comme mathématiques computationnelles et numériques et mathématiques appliquées, ressortaient également comme des champs de relative faiblesse. Ces deux sous-domaines, par exemple, font partie des 20 sous-domaines les moins performants au Canada selon l'indice composite illustrés à la figure 3.8.

Tableau 3.8

Indicateurs bibliométriques des sous-domaines canadiens sélectionnés reliés aux technologies habilitantes et stratégiques

Sous-domaine	Articles (2009–2014)	Part de la production mondiale (%)	IS	ICr (2003–2014)	MCR	MeCR	MCR 1er centile	Rang selon la MCR
Technologies habilitantes et stratégiques								
Bio-informatique	2 338	4,89	1,23	0,92	1,15	1,20	1,32	14
Biotechnologie	2 253	2,40	0,63	0,84	1,44	1,60	2,32	5
Énergie	12 232	3,70	1,05	0,97	1,22	1,50	1,33	11
Matériaux	5 573	1,34	0,36	0,67	1,77	2,33	1,75	9
Nanoscience et nanotechnologie	3 086	2,44	0,65	0,74	1,07	1,25	0,80	9
Optoélectronique et photonique	4 659	2,87	0,77	0,83	1,51	1,00	1,91	7
Technologies de l'information et des communications								
Intelligence artificielle et traitement de l'image	11 796	3,12	0,83	0,76	1,43	1,00	1,60	6
Théorie du calcul informatique	3 527	5,84	1,43	0,85	1,23	1,5	0,92	8
Architecture et matériel informatiques	1 179	4,83	1,33	1,11	1,26	1,00	1,26	5
Informatique distribuée	570	3,66	0,87	0,68	1,12	1,00	1,51	8
Systèmes informatiques	1 751	4,23	1,04	0,86	1,29	2,00	1,13	5
Informatique médicale	1 927	8,66	2,53	1,14	1,16	1,33	1,35	3
Réseautique et télécommunications	14 668	4,83	1,32	0,81	1,53	1,00	1,93	5
Génie logiciel	2 818	5,53	1,50	0,90	1,35	1,50	1,56	7

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

Les indicateurs bibliométriques portent à croire que la production et l'impact de la recherche canadienne ne sont que modestes dans de nombreux sous-domaines rattachés aux technologies émergentes ou stratégiques. Cependant, certains sous-domaines des TIC, tel qu'informatique médicale, constituent des points forts comparatifs selon ces indicateurs.

Le Comité consultatif de *L'examen du soutien fédéral à la science fondamentale* a récemment effectué une analyse semblable (Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale, 2017). Il a évalué le rendement de la recherche canadienne dans 15 domaines d'étude émergeant d'après leur potentiel d'application précoce, de croissance rapide en matière de publications et de citations mondiales et leurs probabilités d'être définis par les pays pairs comme des priorités stratégiques dont le financement doit être accru. Il a constaté que la production de la recherche canadienne stagne ou commence à reculer dans de nombreux domaines par rapport à la Chine notamment (Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale, 2017). Le Canada se classe parmi les cinq premiers pays en fonction de la production de publications dans seulement un domaine (médecine personnalisée) et se trouve au dixième rang ou plus loin dans un tiers d'entre eux. Le Comité consultatif en a conclu qu'« il semble que le Canada se soit brièvement donné le droit de se vanter dans certains domaines grâce à un ou deux centres d'excellence, mais qu'il a systématiquement négligé de bâtir une capacité nationale de façon à créer un avantage durable » (Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale, 2017).

Il transparaît de ces résultats une impression peu encourageante. À l'exception de certains sous-domaines des TIC, comme informatique médicale, les données bibliométriques n'indiquent pas que le Canada excelle à l'échelle internationale dans la plupart de ces champs. Dans des domaines tels que nanotechnologie et matériaux, il est à la remorque des autres pays au chapitre de la production et de l'impact de la recherche, et le rythme de croissance des publications est aussi plus lent — ce qui entraîne une baisse dans la part des publications mondiales. Même dans des domaines comme l'intelligence artificielle, où les chercheurs et les établissements canadiens ont joué un rôle fondamental, la R-D canadienne ne suit pas la cadence des autres pays et certains chercheurs formés au Canada ont déménagé à l'étranger (section 4.4.1). Il existe quelques exceptions isolées, mais les données agrégées examinées par le comité d'experts donnent à penser que le Canada n'est pas un chef de file mondial en recherche dans la plupart des technologies émergentes.

3.6 LIMITES DES DONNÉES

Les données bibliométriques sont une mesure imparfaite du rendement de la recherche, surtout dans les domaines où la publication dans des revues ne constitue pas toujours la production principale. De nombreux domaines des sciences humaines et des arts, ainsi que certains champs des sciences appliquées, ne sont pas bien desservis par les mesures quantitatives seules. Les données recueillies lors d'enquêtes d'opinion dans le cadre de la présente évaluation peuvent partiellement compenser ses déficiences, quoiqu'elles aient

également des limites. Les données provenant de certains types d'établissements, comme les collèges et les écoles polytechniques, sont moins bien développées. Un supplément de rigueur et de précision pourrait être introduit grâce à une plus vaste utilisation de l'examen par des pairs, comme celui sur lequel s'appuient les évaluations à grande échelle de la recherche au Royaume-Uni et en Australie. Cependant, ces évaluations sont elles aussi imparfaites, controversées et gourmandes en ressources. Le comité d'experts espère que le Canada continuera à étudier d'autres méthodes d'évaluation de la recherche nationale qui prendront mieux en considération l'étendue et la variété des contributions qu'effectuent les chercheurs dans tous les domaines d'étude.

3.6.1 Analyse bibliométrique

Les données bibliométriques sont des sources standard d'information sur le rendement de la recherche et, pour les domaines et sous-domaines de recherche agrégés à l'échelle nationale, de nombreux indicateurs bibliométriques sont suffisamment fiables pour fournir des renseignements utiles[34]. En outre, les données et les analyses bibliométriques sont assujetties à des limites bien documentées (CAC, 2012b).

Les indicateurs bibliométriques sont mieux adaptés aux sciences naturelles et de la santé, dans lesquelles la production de la recherche est principalement constituée d'articles de revue examinés par les pairs, qu'aux sciences sociales et humaines, où la recherche est plus fréquemment publiée dans des publications non indexées, comme les ouvrages, les chapitres d'ouvrages et autres formes de production (Archambault *et al.*, 2006). Par ailleurs, l'analyse bibliométrique est biaisée au profit des publications en anglais en raison de leur plus grande présence dans la base de données, une caractéristique qui pourrait désavantager les pays ou les provinces non anglophones, comme le Québec, en particulier pour la recherche en sciences sociales et en sciences humaines (Archambault *et al.*, 2006). Elle est aussi moins adaptée à la recherche sur des sujets régionaux ou locaux (p. ex. histoire et culture canadiennes) parce que la recherche régionale est moins susceptible d'être publiée dans des revues indexées dans Scopus et plus encline à attirer un public régional et proportionnellement moins

34 Les indicateurs bibliométriques sont généralement reconnus pour être plus fiables et révélateurs quand les publications pour lesquelles ils sont calculés sont nombreuses (Moed, 2005). Leur emploi dans l'évaluation de la production de chaque chercheur ou laboratoire de recherche est par conséquent plus problématique. Dans la présente étude, aucun indicateur n'est calculé quand le nombre de publications est inférieur à 30, et les indicateurs fondés sur 100 publications et moins doivent être interprétés avec prudence. En outre, tous les indicateurs utilisés ici sont normalisés selon le domaine, pour tenir compte des variations de pratiques relatives aux publications et aux citations d'un domaine de recherche à l'autre.

de citations. La comparaison avec l'analyse du rapport sur la S-T 2012 requiert une certaine prudence, car les publications ont eu le temps d'accumuler plus de citations et d'autres revues ont été ajoutées à la base de données Scopus[35] entre-temps. Comme un délai de trois ans doit s'écouler entre l'année où une étude est entreprise (2016, dans ce cas) et la toute dernière année pour laquelle l'impact peut être mesuré, les indicateurs d'impact ont été calculés pour les publications concernant la période 2003–2013 plutôt que 2003–2014.

La structure des domaines et sous-domaines de recherche peut influer sur les résultats de l'analyse bibliométrique. Dans certains cas, la taxonomie peut regrouper des corpus de recherche distincts, ce qui rend délicate l'interprétation des résultats. Par exemple, dans la taxonomie de Science-Metrix utilisée pour la présente étude, le domaine des études de l'histoire comprend le sous-domaine de l'histoire, mais aussi l'anthropologie, l'archéologie et la paléontologie. De même, le domaine de la philosophie et de la théologie agrège différentes gammes de recherche qui ne sont pas reliées. Cependant, ce type de défi, qui existe dans toute taxonomie, peut être partiellement atténué par l'analyse des données à l'échelle des sous-domaines. En outre, les taxonomies de recherche standard occultent parfois l'importance de la recherche interdisciplinaire et multidisciplinaire. La production de la recherche canadienne sur les sciences de l'Arctique, par exemple, est dispersée entre de nombreux domaines dans une taxonomie classique (p. ex. science de l'environnement, géographie, météorologie, océanographie, écologie, anthropologie), ce qui rend plus difficile l'analyse de ce secteur multiple. Le sujet d'une publication peut couvrir deux domaines de recherche (p. ex. informatique médicale). Ce phénomène est aussi vrai pour d'autres domaines émergents comme la cybersécurité, qui n'est pas un domaine en lui-même dans la taxonomie de Science-Metrix malgré son importance croissante pour la sécurité nationale.

Enfin, facteur plus crucial, l'analyse bibliométrique ne rend compte que d'une forme d'impact de la recherche : les effets sur la production actuelle ou future de connaissances révélée par les publications. La recherche dans certains domaines peut accorder une plus grande priorité aux autres types d'impacts socialement bénéfiques. Dans les domaines de la recherche appliquée (p. ex. génie, informatique et design), les publications peuvent être moins importantes quand on les compare avec les progrès technologiques et avec les mesures basées sur d'autres extrants, comme les brevets, les dessins industriels ou les

35 Cette étude porte sur des données bibliométriques concernant deux périodes de six ans, 2003–2008 et 2009–2014, ce qui permet une comparaison des tendances avec le temps. Il est à noter que les comparaisons directes avec les résultats du rapport sur la S-T 2012, qui inclut des données portant sur les périodes 1999–2004 et 2005–2010, peuvent ne pas être appropriées étant donnés les changements graduels apportés à la base de données.

marques de commerce. La majeure partie de la recherche en sciences sociales et en sciences humaines poursuit aussi des objectifs autres que la publication. Par exemple, la Commission de vérité et réconciliation du Canada a eu recours à des méthodes de recherche émanant de nombreuses disciplines des sciences humaines ainsi qu'à des témoignages oraux et à des modes de savoir autochtones pour produire son rapport. La recherche s'est avant tout efforcée de guider les politiques publiques, ce qui a contribué à un dialogue culturel, et d'améliorer le bien-être individuel et social dans les communautés autochtones canadiennes. D'autres exemples pourraient être tirés de la recherche juridique et en éducation. En résumé, le nombre de publications et de citations constituera toujours une mesure partielle et insuffisante de l'impact et de l'importance de la recherche dans des cas comme celui-ci, tout en fournissant des données probantes utiles et internationalement comparables dans d'autres situations.

3.6.2 Enquête internationale auprès des chercheurs les plus cités

La principale limite des données d'enquête est qu'elles traduisent la perception et l'opinion des chercheurs les plus cités, lesquelles peuvent souffrir de biais cognitifs ou personnels. Ces biais ont été largement étudiés et examinés (voir, par exemple, Tourangeau, 2003 et Oskamp et Shultz, 2005). Les résultats des enquêtes peuvent aussi souffrir d'un biais dans les réponses, il est possible que les personnes mieux familiarisées avec le Canada aient été plus enclines à répondre. Cependant, les conséquences de ce biais sur les résultats de l'enquête pourraient aussi bien être positives que négatives. Il existe aussi dans les données d'autres biais possibles pouvant être contrôlés statistiquement. Par exemple, dans cette analyse, les résultats de l'enquête sont pondérés afin que certains pays ne soient pas surreprésentés ou sous-représentés. Le nombre de répondants varie aussi considérablement par domaine et sous-domaine de recherche. Les résultats des domaines pour lesquels le nombre de répondants est faible doivent être interprétés avec précaution. Les champs des sciences humaines et des arts, par exemple, ont suscité moins de réponses en raison du faible nombre de publications dont ils font l'objet. Ces limites sont examinées en détail dans le rapport sur la S-T 2012 (CAC, 2012a).

3.7 CONCLUSION

Malgré les limites exposées, les données recueillies dans ce chapitre sont suffisamment complètes pour fournir de précieux renseignements sur la production et l'impact généraux de la R-D canadienne. Dans l'ensemble, elles donnent à penser que le Canada conserve son statut de contributeur d'importance à la production de recherche mondiale. Le Canada obtient toujours des résultats supérieurs à sa taille (au regard de sa population et de son PIB) en matière de publications et de citations académiques et excelle dans de nombreux domaines. Sa position au classement selon la MCR, sixième,

n'a pas changé depuis le rapport sur la S-T 2012, mais il a subi un léger recul de son rang international dans certains champs. Les chercheurs canadiens travaillent également beaucoup en collaboration, et le font de plus en plus, le pays occupant le septième rang parmi 20 pays à l'indice de collaboration.

D'après l'analyse de l'ampleur, de l'impact et de la croissance de la recherche réalisée par le comité d'experts, le Canada excelle particulièrement dans les domaines des arts visuels et des arts de la scène, de la psychologie et des sciences cognitives, de la médecine clinique, de la santé publique et des soins de santé et de la philosophie et de la théologie. Son solide historique de contributions de recherche constantes et à fort impact dans ces domaines est également révélateur de la force sous-jacente des talents et de l'infrastructure de recherche canadiens dans ces domaines. Derrière chaque publication fréquemment citée se trouve un chercheur qui a investi des dizaines d'années dans le développement de son expertise et de ses compétences, et dont les travaux sont souvent facilités par l'accès à du matériel et à des installations parmi les meilleurs au monde.

Cependant, deux points sont préoccupants. Tout d'abord, le Canada est relativement peu spécialisé dans des disciplines essentielles des sciences naturelles et du génie et ses contributions dans ces domaines sont comparativement moins estimées par les chercheurs les plus cités de partout dans le monde. Le sous-développement de ces domaines peut nuire à la souplesse de la recherche canadienne, et empêcher ainsi les établissements de recherche et les chercheurs de se tourner vers les futurs champs émergents. Deuxièmement, la production et l'impact de la recherche canadienne dans les domaines des technologies émergentes, habilitantes et stratégiques sont inférieurs à ce à quoi on pourrait s'attendre d'après le rendement du Canada en recherche en général. Il s'agit de sous-domaines de la recherche dans lesquels le pays semble traîner derrière de nombreux pays. Étant donné le rôle potentiellement transformateur de la recherche dans ces champs, la capacité du Canada à participer aux futures avancées qui s'y produiront — et à en bénéficier — est peut-être menacée.

4

Recherche-développement industrielle au Canada

- Principales tendances dans les dépenses canadiennes de R-Di
- Les extrants de la R-Di : brevets, marques de commerce et dessins
- Points forts de la R-Di canadienne
- Profils d'industries
- Limites des données
- Conclusion

4 Recherche-développement industrielle au Canada

Principales constatations

La capacité et la compétitivité de la R-Di canadienne s'affaiblissent constamment.

- Le Canada se classe au 33e rang des 40 pays de l'OCDE et autres grands pays selon un indice mesurant les dépenses, l'intensité et la croissance de la R-Di entre 2006 et 2015.
- Si le Canada est le neuvième plus gros employeur de personnel de R-Di, c'est l'un des rares grands pays dont le taux de croissance de l'emploi en R-Di était négatif entre 2004 et 2013.

Comparée aux autres pays du G7, la R-D canadienne s'effectue principalement dans des secteurs où la R-D est moins intensive.

- Environ 50 % des dépenses canadiennes de R-Di s'effectuent dans des secteurs de haute et moyenne à haute technologie (y compris dans des secteurs comme les TIC, l'aérospatiale, la production pharmaceutique et l'automobile), contre 80 % en moyenne au sein du G7. L'intensité des DIRDE au Canada était également inférieure à la moyenne du G7 dans ces secteurs en 2011.
- Environ 50 % de l'investissement dans la R-D au Canada s'effectue dans des secteurs de basse et moyenne à basse technologie (comme le pétrole et le gaz, le commerce de gros et les industries culturelles), soit notablement plus que la moyenne du G7 (17 %) et selon une intensité bien plus grande dans certains cas.
- Ces dépenses sont révélatrices de la structure industrielle traditionnelle du Canada et de ses modèles d'activité économique.
- Malgré la faiblesse des dépenses canadiennes de R-Di, de nombreux secteurs, comme l'agriculture, le commerce de gros et de détail et la finance et l'assurance, ont connu une croissance de la productivité parmi les meilleures du G7, grâce à l'adoption de nouvelles méthodes et technologies de production.

La R-Di se transforme au Canada sous l'effet des tendances mondiales et nationales relatives au secteur industriel et à la taille et à la propriété étrangère des entreprises.

- Près de 60 % des dépenses de R-D canadiennes s'effectuent dans le secteur des services, tandis que la R-D dans le secteur manufacturier connaît une baisse générale.
- Les dépenses de R-D se concentrent davantage dans les grandes entreprises depuis quelques années, bien que les PME représentent encore une proportion plus grande de la R-D au Canada qu'aux États-Unis.

suite à la page suivante

- La part de la R-D contrôlée par des intérêts étrangers au Canada augmente et atteint aujourd'hui 36 % de la R-D totale, ce qui traduit une transformation vers les multinationales qui réalisent leur R-D à l'extérieur de leur pays d'origine.

Le Canada représente environ 1 % des brevets déposés dans le monde et les brevets découlant d'inventions réalisées au Canada sont de plus en plus détenus à l'étranger.

- Les brevets canadiens accordés par le USPTO sont principalement concentrés en informatique, en génie civil, en communications numériques et en télécommunications.
- Le Canada est à présent un exportateur net de brevets et le flux sortant de brevets s'accélère, surtout en génie électrique, en télécommunications et en communications numériques.

S'appuyant sur un indicateur composite fondé sur l'ampleur, l'intensité et la croissance, le comité d'experts a retenu quatre industries comme points forts de la R-D :

- Services de recherche et de développement scientifiques
- Conception de systèmes informatiques
- Fabrication de matériel de communication
- Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces

Entre 2014 et 2017, la R-D des entreprises canadiennes devrait baisser de 2,8 % par an, plus de la moitié de ce recul survenant dans l'extraction du pétrole et du gaz et dans le développement de logiciels.

- Seuls quatre secteurs ont investi plus de 1 milliard de dollars en R-D : services de R-D scientifique, conception de systèmes informatiques, fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces et développement de logiciels.
- Parmi les 16 secteurs dont les dépenses de R-D devraient dépasser 250 millions de dollars, seuls 6 ont accru leurs investissements dans la R-D : fabrication de produits chimiques, services de télécommunications, finance, fabrication de produits pharmaceutiques, services de R-D scientifiques et vente de machinerie en gros.

Les idées nouvelles et les améliorations sont cruciales pour l'innovation et la création de richesse. Certaines idées naissent dans les universités et finissent par se retrouver dans des revues, des ouvrages et parfois, dans des dessins, des brevets et autres formes de propriété intellectuelle, et dans des entreprises en démarrage. D'autres commencent leur vie en dehors des universités, dans des garages, des incubateurs, des entreprises et autres lieux de réflexion, de création et de mise au point. Quelle que soit leur origine, la plupart de

celles qui deviennent des innovations et produisent de la richesse le font par l'intermédiaire de l'industrie. La R-Di est un élément essentiel du processus d'innovation dans les entreprises (CAC, 2009).

Les dépenses de R-Di sont corrélées avec la croissance de la productivité multifactorielle (PMF), de la productivité de la main-d'œuvre et du PIB (CAC, 2013a; Jones, 2016). Plus une industrie investit dans la R-D, plus il est probable que l'innovation, les salaires et les revenus du pays soient élevés en raison du développement d'innovateurs talentueux. Même si elles ne sont qu'un des déterminants de l'innovation, les dépenses de R-Di sont importantes. Selon les estimations les plus fiables, le rendement de ses dépenses est fortement positif, généralement de 20 à 30 % (Hall *et al.*, 2010). Et l'investissement dans la R-D deviendra probablement plus crucial à mesure que l'économie mondiale sera plus stimulée par les progrès en intelligence artificielle, en biotechnologie et dans les technologiques émergentes.

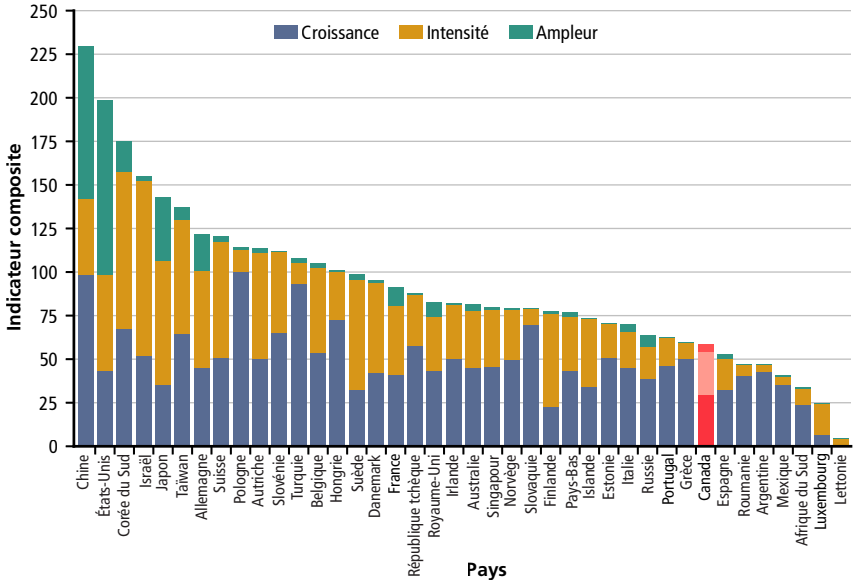
En moyenne, l'industrie effectue près de 70 % de la R-D dans les pays de l'OCDE (OCDE, 2016a). Au Canada, cette proportion est nettement plus faible, l'industrie y représentant à peine 50 % des dépenses de R-D. La section 4.1 étudie la façon dont ces dépenses se comparent avec celles des pays du G7 et de l'OCDE et examine trois explications aux différences: la structure industrielle, la taille des entreprises et la propriété des entreprises. La section 4.2 analyse la propriété intellectuelle, un extrant essentiel de la R-Di. La section 4.3 cerne les points forts actuels du Canada en R-Di. Enfin, comme les statistiques agrégées tiennent rarement compte de renseignements clés sur la façon dont les industries canadiennes évoluent, en raison des grandes limites des données, la section 4.4 propose une évaluation plus détaillée de quatre secteurs canadiens : TIC, fabrication de produits aérospatiaux, fabrication de produits pharmaceutiques et extraction du pétrole et du gaz. La section 4.5 propose une étude des limites des données et la section 4.6 dresse des conclusions.

4.1 PRINCIPALES TENDANCES DANS LES DÉPENSES CANADIENNES DE R-DI

4.1.1 Dépenses nationales

Le chapitre 2 montre à quel point le Canada est désormais à la remorque de la plupart des pays pairs en matière de dépenses de R-Di. D'après un indicateur composite qui pondère l'ampleur, l'intensité et la croissance de la R-Di en 2006–2015, le Canada se classe au 33^{e} rang parmi les 40 pays de l'OCDE et les autres grands pays (figure 4.1). Il traîne désormais largement derrière les chefs de file mondiaux comme la Chine, les États-Unis et la Corée du Sud, principalement en raison de la faible intensité des dépenses (0,9 %) et de

leur baisse (–0,7 %)[36]. Bien que le Canada soit 11e au classement des dépenses de R-Di, l'intensité et la croissance de ces dépenses sont bien inférieures à la moyenne de l'OCDE. L'investissement canadien dans la R-Di équivalait à environ 55 % de la moyenne de l'OCDE en 2015. Corrigées en fonction de l'inflation, ces dépenses ont légèrement baissé au Canada entre 2006 et 2015, alors qu'elles ont augmenté à un rythme moyen de 2,6 % par an au sein de l'OCDE. (Le tableau D.1 en appendice présente les données pour les 15 pays qui ont dépensé le plus en R-Di en 2015.)



Source des données : OCDE (2016a) et calculs du comité d'experts

Figure 4.1

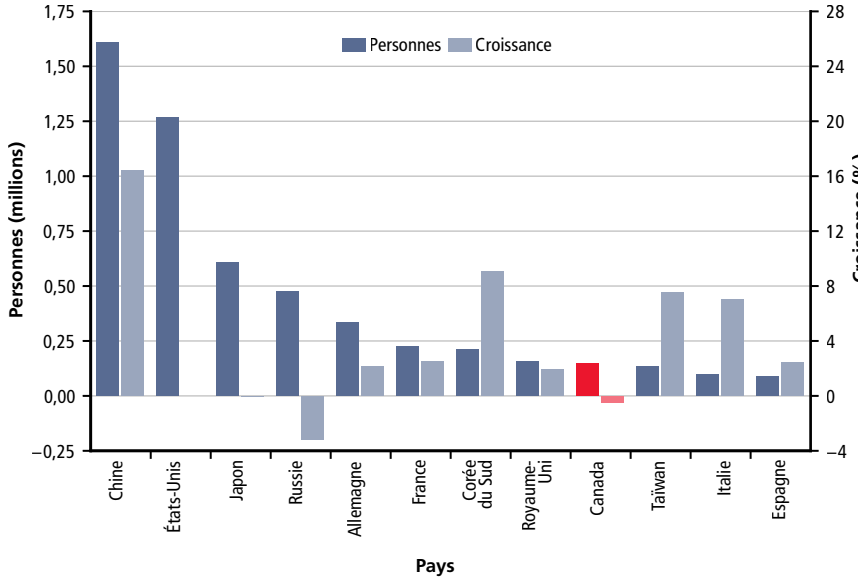
Dépenses de R-Di, OCDE et autres pays sélectionnés, 2006–2015

Dans cette figure, les pays sont classés selon un indicateur composite des dépenses de R-Di, qui tient compte de l'ampleur (DIRDE en 2015, en dollars US corrigées en fonction de la parité de pouvoir d'achat), de l'intensité (rapport DIRDE-PIB en 2015) et de la croissance (taux de croissance annuel composé des DIRDE, 2006–2015, à prix constants ajustés selon la parité de pouvoir d'achat). Chaque élément est évalué sur 100, ce qui signifie que la valeur maximale de l'indicateur est de 300. Le Canada se classe 33e, avec un indicateur composite de 58.

L'industrie canadienne employait en moyenne 150 000 personnes en R-D en 2004–2013, ce qui en faisait le neuvième employeur dans ce domaine au monde. Pourtant, en 2013, moins de spécialistes de la R-D (132 000) travaillaient dans

36 À noter que cette analyse concerne la période 2006–2015. L'analyse du taux de croissance des DIRDE mentionnée à la section 2.1 se rapporte, elle, à la période 2010–2015.

l'industrie qu'en 2008 (173 000), soit une baisse de 20 % par rapport à cette année où l'emploi a connu son maximum (figure 2.11). Comme l'illustre la figure 4.2, le Canada est un des rares grands pays dont l'emploi dans la R-D est en baisse dans l'industrie, une tendance qui témoigne probablement le déclin général des dépenses de R-Di.



Source des données : OCDE, 2016a

Figure 4.2

Personnel de R-Di, 12 premiers pays, 2004–2013

Dans cette figure, les pays sont classés selon le nombre moyen d'employés de R-D dans l'industrie en 2004–2013. Le Canada employait en moyenne 150 000 personnes en R-D par an durant la période. Tout comme le Japon et la Russie, le Canada a connu une croissance négative de l'emploi (TCAC) durant la période. Les données permettant de calculer la croissance aux États-Unis durant la période ne sont pas disponibles.

4.1.2 Dépenses sectorielles

Historiquement, la R-Di s'est concentrée dans le secteur manufacturier (CAC, 2009, 2013b), mais ce n'est plus vrai aujourd'hui. Les dépenses de R-D dans ce secteur ont fortement baissé entre 2006 et 2016, passant d'environ 54 à 34 % des dépenses nationales (tableau 4.1). Ce phénomène traduit à la fois une transition mondiale de la R-D vers le secteur des services et sa diminution en fabrication de produits pharmaceutiques et automobiles au Québec et en Ontario (voir la section 4.4).

En 2016, le secteur des services s'attendait à dépenser près de deux fois plus que le secteur manufacturier (9,8 milliards de dollars contre 5,7), mais l'intensité de sa R-D (c.-à-d. les dépenses de R-D par rapport au PIB) a été bien plus faible (0,8 % contre 3,3). Les dépenses dans le secteur des TIC[37] sont demeurées stables de 2006 à 2016, elles représentaient environ 32 % des dépenses totales de R-Di au Canada (StatCan, 2017g).

Tableau 4.1

DIRDE par secteur au Canada, 2006–2016

Secteur	Ampleur (M$)	Intensité (%)	Part (%)	Part (%)	
	2016			2013	2006
Agriculture, foresterie, pêche et chasse	63	0,2	0,4	0,5	0,7
Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz	789	0,6	4,7	9,9	4,4
Services publics	164	0,4	1,0	1,4	1,9
Construction	69	0,1	0,4	0,5	0,5
Fabrication	5 706	3,3	34,3	42,0	53,7
Industries productrices de services	9 825	0,8	59,1	45,7	38,7
Total	16 621	1,0	100,0	100,0	100,0
Technologies de l'information et des télécommunications (TIC)	5 385	7,3	32,4	30,8	32,0

Source des données : StatCan, 2017f, 2017j, 2017o, 2018

Le tableau présente les dépenses de R-D canadiennes selon le secteur économique. La part des dépenses totales de R-Di est donnée pour 2006, 2013 et 2016. L'ampleur et l'intensité ne sont données que pour 2016 et sont fondées sur la nouvelle méthodologie d'enquête de Statistique Canada. L'industrie des TIC est le produit de l'agrégation des composants des industries de la fabrication et des services rattachés aux technologies de l'information et des communications, le sous-total leur correspondant apparaît au-dessous du total. Dans ce tableau, l'intensité correspond au ratio des dépenses de R-D sur le PIB.

Par rapport aux autres pays du G7, le portefeuille d'investissement dans la R-D du Canada est plus concentré dans les secteurs technologiques dont la R-D est intrinsèquement moins intensive (tableau 4.2). L'OCDE répartit les industries en cinq secteurs selon l'intensité de leur R-D (Galindo-Rueda et Verger,

37 Secteur agrégé construit par Statistique Canada à partir de 13 codes distincts du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN).

2016). Dans les secteurs de haute et de moyenne à haute technologie, la R-Di est cruciale pour la stratégie d'affaires, l'intensité de la R-D y est de plus de 20 % et de 5 %, respectivement. Pour l'aérospatiale, les TIC et les entreprises pharmaceutiques, par exemple, une R-D efficace est essentielle pour offrir une gamme complète d'avions, de téléphones ou de médicaments. Entre 2009 et 2013, près de moitié du portefeuille canadien (47 %) était investi dans les secteurs de haute et moyenne à haute technologie, soit nettement moins que la moyenne du G7 (77 %). La croissance des dépenses au Canada est également inférieure à la moyenne du G7 dans ces deux secteurs.

Tableau 4.2

Part, intensité et croissance des DIRDE par secteur technologique, 2009–2013

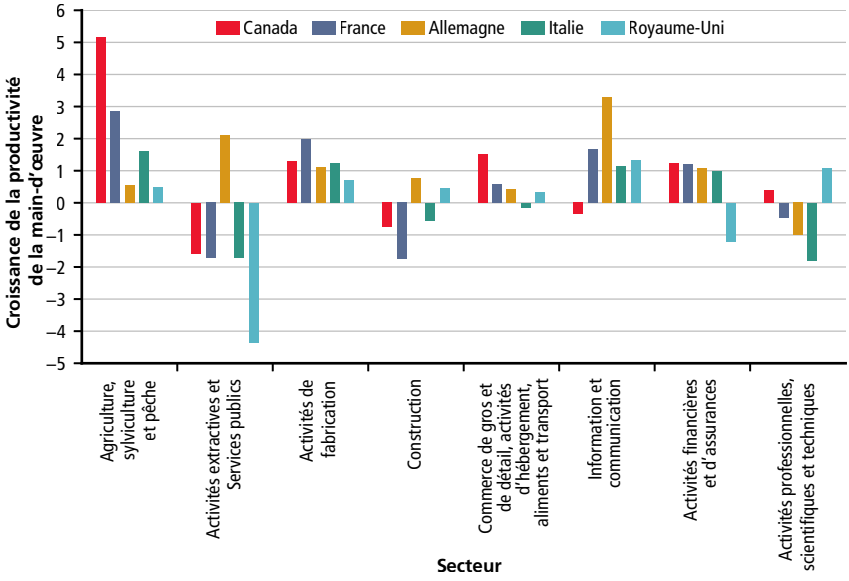
Secteur technologique	Part des DIRDE (2009–2013) (%)		Intensité (2011) (%)		Croissance (2009–2013) (%)	
	Canada	G7	Canada	G7	Canada	G7
Haute	31	48	25,44	28,61	–4,86	2,53
Moyenne à haute	16	29	3,07	8,47	–3,61	7,27
Moyenne	3	6	1,62	2,75	–7,62	1,06
Moyenne à basse	34	14	2,19	1,22	–3,33	–0,56
Basse	16	3	0,22	0,17	2,08	4,32

Source des données : OCDE (2017a, 2017c) et calculs du comité d'experts

Le tableau présente les données sur la R-Di internationale (CITI Rév.4) pour les cinq secteurs technologiques de l'OCDE. Il compare le Canada avec la moyenne du G7 pour la part, l'intensité et la croissance des DIRDE. La classification des secteurs technologiques par industrie est exposée au tableau D.2 en appendice.

En revanche dans les secteurs de basse et moyenne à basse technologie, la R-Di est moins importante pour la stratégie d'entreprise globale. Dans la plupart des industries des ressources naturelles et dans plusieurs industries des services, l'intensité de la R-D est inférieure à 1 %. Les entreprises du domaine pétrolier et gazier, du commerce de gros et de la finance reposent moins sur la R-Di pour produire leurs biens et services. Entre 2009 et 2013, près de la moitié du portefeuille canadien d'investissement dans la R-Di était focalisé sur les secteurs de basse et moyenne à basse technologie, soit nettement plus que la moyenne du G7 (17 %) et selon une intensité bien supérieure dans certains cas (voir la section 4.3). Ce modèle d'investissement reflète la concentration traditionnelle de l'activité économique et le rôle du Canada dans l'économie intégrée de l'Amérique du Nord (CAC, 2009; Nicholson, 2016).

Le fait que la R-Di est moins cruciale pour la stratégie des entreprises canadiennes se traduit dans les chiffres sur la productivité. La productivité de la main-d'œuvre dépend de la qualité de cette main-d'œuvre, de l'intensité du capital (en particulier de l'investissement dans les TIC) et de la PMF (Baldwin et Gu, 2009; CAC, 2013c). Bien que la R-Di ne constitue qu'un des déterminants de la productivité de la main-d'œuvre, il faut noter que la croissance de la productivité de la main-d'œuvre canadienne reflète en grande partie les tendances des dépenses de R-Di. Cette croissance est plus forte dans les secteurs à faible R-D, comme l'agriculture, le commerce de gros et de détail et la finance et l'assurance (figure 4.3).



Source des données : OCDE, 2017b, 2017d

Figure 4.3

Productivité de la main-d'œuvre, pays du G7 sélectionnés, 2009–2013

La figure représente la croissance de la productivité de la main-d'œuvre par secteur pour la période 2009–2013. Le Canada est le seul pays à afficher une croissance négative en TIC.

Entre 2009 et 2013, la croissance de la productivité de la main-d'œuvre canadienne était inférieure à la moyenne du G7 en fabrication et en TIC (domaines dans lesquels le Canada était le seul pays à afficher une croissance moyenne négative pour cette période) (OCDE, 2017b). Ces secteurs comprennent des industries de haute technologie, comme la fabrication de produits pharmaceutiques et le développement de logiciels. Le Canada risque de reculer encore et de ne pas suivre le rythme de l'économie mondiale si les dépenses de R-Di continuent

à baisser. Il est aussi à noter que la croissance de la productivité de la main-d'œuvre était négative entre 2009 et 2013 dans le secteur minier. L'encadré 4.1 présente la relation entre les dépenses de R-D, la PMF et la productivité de la main-d'œuvre (la relation entre la R-D et l'innovation est examinée en détail au chapitre 6).

Encadré 4.1
Dépenses de R-D, productivité multifactorielle et productivité de la main-d'œuvre

Les dépenses de R-Di sont fortement corrélées avec la PMF et avec la productivité de la main-d'œuvre (Jones, 2016). Si l'investissement en R-Di faiblit, le Canada se classait 9e sur les 18 premiers pays au chapitre de la croissance de la PMF et de la productivité de la main-d'œuvre entre 2006 et 2015. Pourtant, ces deux dernières ont augmenté de moins de 1 % par an durant la période (OCDE, 2017d).

Le Canada semble être innovant et productif en dépit de ses faibles dépenses de R-Di. Comme en fait état le chapitre 6, de nombreuses entreprises canadiennes se décrivent comme innovantes. Entre 2010 et 2012, plus de 75 % des entreprises dans les domaines des services de R-D scientifiques, de la conception de systèmes informatiques, de l'architecture, du génie et de l'industrie de l'information et de l'industrie de la culture ont signalé avoir introduit une innovation (OCDE, 2015a; CSTI, 2015). Néanmoins, une hausse de l'investissement dans la R-Di provoquerait probablement une augmentation de la croissance de la PMF et de la productivité de la main-d'œuvre, en partie grâce à la formation de personnes talentueuses. La croissance de la PMF et de la productivité de la main-d'œuvre sont donc corrélées avec l'indicateur composite des dépenses de R-Di.

4.1.3 Dépenses des entreprises

Certaines données probantes révèlent que les grandes entreprises sont plus enclines, en moyenne, à exécuter des travaux de R-D que les petites (Songsakul *et al.*, 2008; Cohen, 2010; CAC, 2013b). Récemment, West (2017) a démontré que l'intensité de la R-D et les revenus augmentent plus lentement dans les entreprises à mesure qu'elles vieillissent, ce qui implique la relation inverse (puisque les entreprises plus anciennes sont, en moyenne, plus grosses). Si le rapport entre la taille des entreprises et l'ampleur de la R-Di fait débat, il est en revanche clair qu'une plus grande proportion de grandes entreprises de R-Di est le signe de la traduction de la R-D en création de richesse.

Au Canada, les dépenses de R-D sont centralisées dans les grandes entreprises. Si seulement 0,3 % des entreprises y sont considérées comme grandes, ces 2 933 sociétés représentaient environ 52 % de l'investissement dans la R-Di entre 2009 et 2013 (ISDE, 2016; StatCan, 2017k, 2017l). Comme l'illustre la figure 4.4, les dépenses se sont davantage concentrées durant cette période. Les entreprises les plus grosses, selon le nombre d'employés (c.-à-d. 2 000 employés ou plus) et les revenus annuels (c.-à-d. 400 millions de dollars ou plus), ont investi plus en R-Di que les entreprises plus petites (figure 4.4)[38]. Pourtant, malgré cette concentration, les petites et moyennes entreprises (PME) réalisent une plus grande proportion de la R-Di au Canada qu'aux États-Unis. En 2011, les entreprises de plus de 500 employés effectuaient plus de 81 % de la R-Di aux États-Unis (OCDE, 2017a). Étant donné la transition de la R-D vers les grandes entreprises dans tous les pays de l'OCDE (OCDE, 2017a), il semble probable que la R-D canadienne continuera à être concentrée dans les entreprises de grande taille.

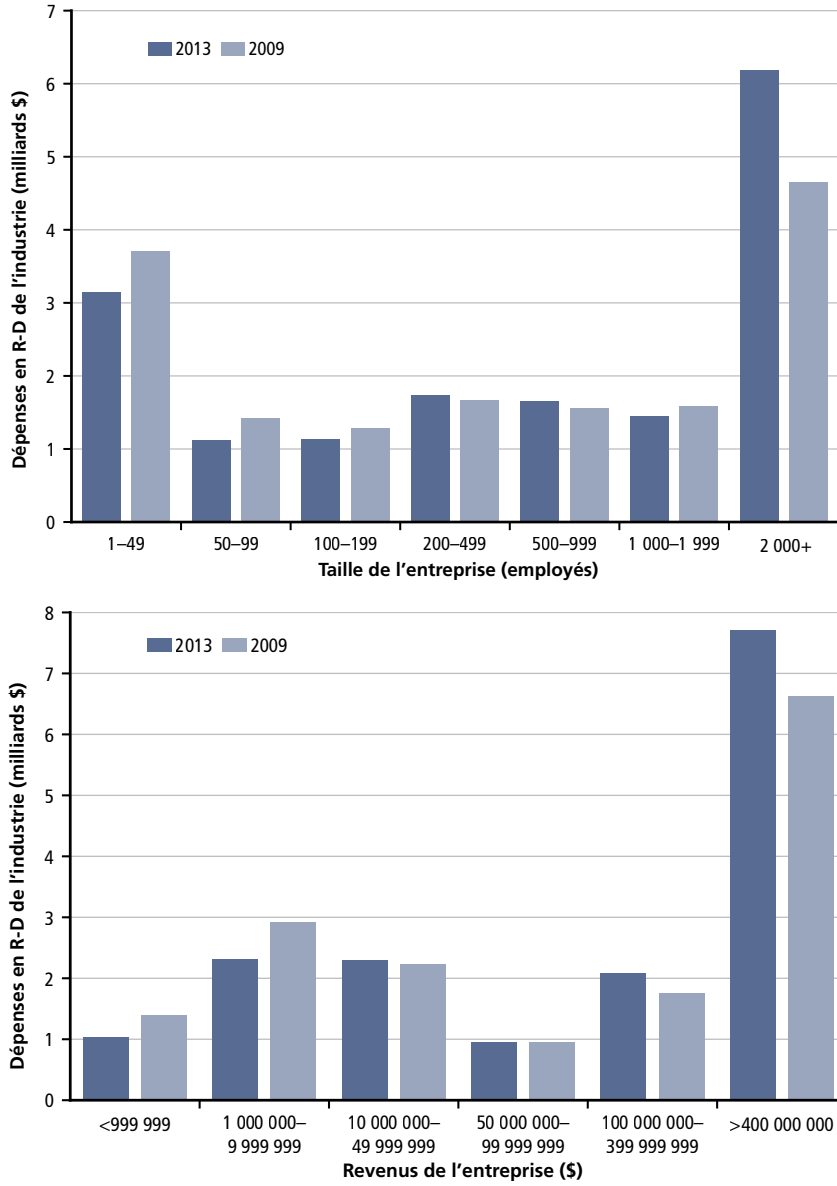
Les entreprises effectuent la R-D à l'interne et en vertu de contrat avec des tiers tels que les entreprises des services de R-D scientifiques. En 2013, les entreprises canadiennes ont indiqué avoir externalisé environ 3,3 milliards de dollars de R-D, une baisse notable par rapport aux plus de 4 milliards de dollars en 2007 (figure 4.5). La majeure partie (près de 2,8 milliards de dollars) de cette R-D était exécutée dans des entreprises, le restant étant confié au secteur de l'enseignement supérieur (8 %) et à des organismes et individus autres (8 %).

4.1.4 Dépenses étrangères

Le montant de la R-Di canadienne effectuée à l'interne sous contrôle étranger a fluctué selon les années, mais a graduellement augmenté de 30 % en 2000 à environ 36 % en 2013 (figure 4.6), année où cette R-Di représentait 6,1 milliards de dollars. Les États-Unis comptaient pour plus de la moitié de ce chiffre (3,7 milliards de dollars). Le degré de participation étrangère ne diffère pas grandement entre le secteur manufacturier et celui des services, qui ensemble regroupent la majeure partie de la R-Di. Les petits montants de R-D dans les services publics et la construction sont par contre entièrement contrôlés par des Canadiens.

L'accroissement du contrôle étranger s'explique par la tendance récente des grandes multinationales à déménager leur R-D hors de leur pays d'origine. C'est le cas au Canada avec Google, General Motors et Microsoft, qui ont récemment étendu leurs activités à Montréal, Markham et Waterloo, respectivement. Les données quantitatives et qualitatives semblent indiquer que le Canada profite de

38 Au Canada et aux États-Unis, cette différence n'est pas simplement une question de taille, car dans ces deux pays, les entreprises de plus de 500 employés constituent 0,3 % de l'ensemble des entreprises.

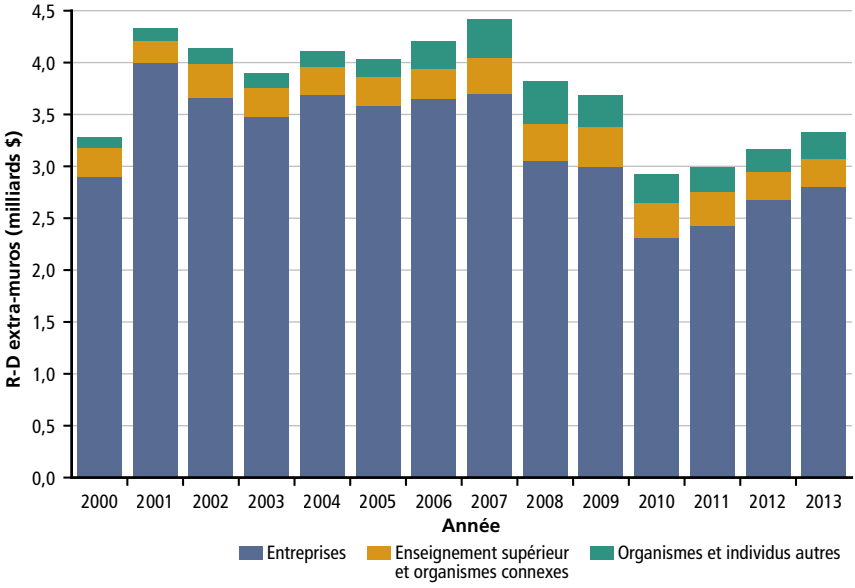


Source des données : StatCan, 2017k, 2017l

Figure 4.4

Dépenses de R-Di par taille et revenus de l'entreprise au Canada, 2009 et 2013

Entre 2009 et 2013, on a assisté au Canada à une réorientation vers la R-D réalisée dans les grandes entreprises. Le volume de R-D effectuée dans les petites entreprises (1-49 employés) a baissé, mais il a augmenté dans les grandes entreprises (plus de 1 999 employés). De même, les dépenses de R-D se sont concentrées dans les entreprises de revenus supérieurs à 400 millions de dollars par an.



Source des données : StatCan, 2017f, 2017i

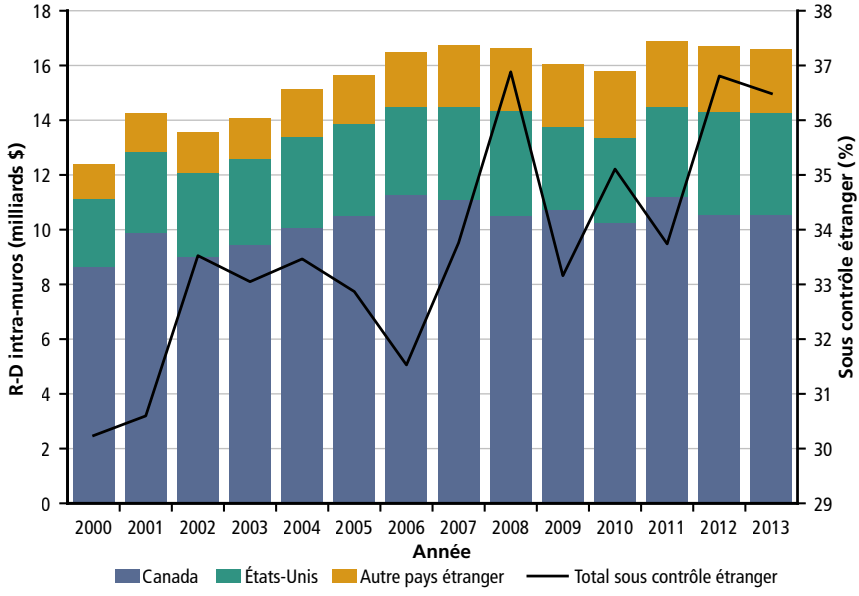
Figure 4.5

Paiements extra-muros de R-D des entreprises par secteur du bénéficiaire au Canada, 2000–2013

Les entreprises canadiennes ont externalisé environ 3,3 milliards de dollars de R-D en 2013, dont la grande majorité vers d'autres entreprises. Depuis 2000, le montant de la R-D externalisée par les entreprises vers le secteur de l'enseignement supérieur s'étend de 200 à 400 millions de dollars et était plus faible en 2013 qu'en 2000.

cette transition, car les multinationales « tentent de tirer parti des capacités de recherche dans de nouvelles technologies cruciales » [traduction libre] (Wolfe, 2017). Par exemple, en 2016, l'entreprise de télécommunications chinoise Huawei a annoncé sa décision d'investir 316 millions de dollars dans un projet de R-D sur la technologie 5G en Ontario (CGE, 2016). Entre 2014 et 2016, Huawei est aussi passé de la 44e à la 25e place dans la liste des 100 entreprises investissant le plus en R-D au Canada (Re$earch Infosource Inc., 2016a).

La croissance des dépenses étrangères indique que de nombreuses multinationales considèrent le Canada comme un endroit attrayant pour effectuer de la R-D. Localiser la R-Di au Canada donne aux entreprises étrangères la possibilité d'avoir accès à des spécialistes, des installations et des programmes de recherche parmi les meilleurs au monde. Par exemple, une multinationale disposant d'un centre de R-D au Canada serait admissible aux programmes de partenariat du CRSNG, tels que les subventions de recherche et développement coopérative ou aux subventions de professeurs-chercheurs industriels, ce qui lui permettrait de puiser dans l'expertise universitaire canadienne et dans les fonds du gouvernement fédéral.



Source des données : StatCan, 2017d

Figure 4.6

Dépenses de R-D interne par pays de contrôle, 2000–2013

Entre 30 et 37 % des dépenses de R-Di interne canadiennes sont contrôlés par des entreprises étrangères. En 2013, cela équivalait à un montant de plus de 6 milliards de dollars, dont 3,7 milliards pour les États-Unis.

4.2 LES EXTRANTS DE LA R-DI : BREVETS, MARQUES DE COMMERCE ET DESSINS

4.2.1 Extrants nationaux

Comme le rapport le décrit au chapitre 3, il est possible d'approximer les extrants de la recherche fondamentale à l'aide d'une analyse bibliométrique. Cependant, les extrants de la recherche appliquée sont plus difficiles à mesurer, car plus proches du marché, la recherche appliquée est moins encline à être publiée dans des revues (Stephan, 2010; CAC, 2013b). La recherche offrant des possibilités de revenus bénéficie souvent de mécanismes de protection de la propriété intellectuelle, comme les brevets, les marques de commerce et la protection des topographies de circuits intégrés, de l'obtention végétale, du savoir-faire, des secrets commerciaux et des dessins industriels. Une enquête de Statistique Canada sur la gestion de la propriété intellectuelle a révélé que la forme privilégiée de protection de la propriété intellectuelle, quel que soit le secteur, était les noms de domaine (43 %) et les ententes de confidentialité (26 %) (StatCan, 2012c). Les brevets, détenus ou utilisés par seulement 5 % des entreprises, étaient parmi les moins populaires. Les protections de la propriété

intellectuelle peuvent grandement varier en ce qui concerne le niveau ou le degré de sécurité qu'elles procurent, le statut juridique officiel et le temps et les ressources requises pour les assurer (Jaffe et Lerner, 2006).

L'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI) recueille des données sur la propriété intellectuelle auprès des offices nationaux et régionaux de propriété intellectuelle, des offices internationaux de dépôt et de la base de données PATSTAT de l'Office européen des brevets (OMPI, 2017). Le tableau 4.3 présente la part mondiale de la production, la production par habitant et le classement en ce qui concerne les brevets, les marques de commerce et les dessins. Le Canada compte pour 1 % des brevets déposés dans le monde. En proportion de la population, le pays se classe 18e et est devancé par le Japon, la Corée du Sud et de nombreuses nations européennes comme la Finlande, la Suède et la Suisse. Le Canada se situe au 34e rang des dépôts de marque de commerce (0,9 %) et au 34e rang des dépôts de dessins (0,5 %). La Suisse occupe la première place dans les brevets, les marques de commerce et les dessins.

Pour obtenir un portrait plus complet du brevetage industriel, le comité d'experts a analysé les données du Bureau des brevets et des marques de commerce des États-Unis (USPTO) où les entreprises canadiennes déposent la majeure partie de leurs brevets[39]. Entre 2003 et 2014, le secteur privé était de loin le plus gros contributeur de brevets au Canada, il représentait environ 90 % des brevets canadiens accordés par le USPTO. Les plus gros producteurs de brevets dans ce secteur entre 2009 et 2014 étaient BlackBerry (5 166) et Nortel Networks (605); en 2014, plus de la moitié des brevets accordés l'ont été à BlackBerry. Bien que le milieu académique soit un producteur mineur de brevets (moins de 10 %), sa contribution est importante dans des domaines comme la biotechnologie, les produits pharmaceutiques et l'analyse du matériel biologique. La recherche appliquée gouvernementale est particulièrement active dans les domaines techniques de la biotechnologie, de la chimie alimentaire et de la chimie de base. Ceci reflète les différences de façons de faire en ce qui concerne le brevetage entre les organismes de recherche. Par exemple, alors que le secteur privé se concentre généralement sur le brevetage de technologies destinées à être commercialisées, les universités tendent à produire des brevets plus axés

39 Bien qu'il n'existe aucun office compilant tous les brevets déposés dans le monde, le USPTO est l'un des plus gros organismes d'enregistrement des inventions brevetées de la planète. Les données du USPTO sont extraites de PATSTAT. La classification technologique utilisée dans ce rapport est celle du WIPO, qui associe les symboles de la Classification internationale des brevets (CIB), un système largement utilisé dans le monde, à 35 champs technologiques. Les États-Unis et le Canada sont clairement avantagés dans les comparaisons internationales au moyen du USPTO, car les entreprises des deux pays y déposent un nombre disproportionné de brevets.

Tableau 4.3

Part mondiale, proportion par habitant et rang en matière de dépôts de brevets, de marques de commerce et de dessins, pays sélectionnés, 2010–2015

Pays d'origine	Brevets			Marques de commerce			Dessins industriels		
	Part (%)	Par habitant (x100)	Rang	Part (%)	Par habitant (x100)	Rang	Part (%)	Par habitant (x100)	Rang
Suisse	1,7	3,09	1	2,3	11,70	1	2,5	2,63	1
Corée du Sud	8,4	2,47	2	2,6	2,13	20	5,8	0,99	4
Japon	18,9	2,23	3	3,0	1,00	36	4,9	0,33	22
Finlande	0,5	1,42	4	0,5	4,04	10	0,6	0,96	6
Suède	0,9	1,40	5	1,2	5,13	5	1,3	1,15	3
Allemagne	7,2	1,31	6	9,4	4,86	7	8,0	0,85	8
Danemark	0,5	1,25	7	0,7	5,10	6	0,9	1,38	2
Pays-Bas	1,4	1,23	8	2,4	5,89	4	1,8	0,91	7
États-Unis	19,3	0,90	9	12,0	1,58	27	6,7	0,18	30
Israël	0,5	0,89	10	0,2	1,05	33	0,3	0,35	20
Autriche	0,5	0,88	11	1,3	6,38	3	1,0	0,99	5
Norvège	0,2	0,66	12	0,2	1,85	24	0,2	0,36	18
Belgique	0,5	0,64	13	1,1	4,06	9	0,8	0,60	10
France	2,8	0,63	14	4,8	3,05	14	4,5	0,58	11
Irlande	0,2	0,58	15	0,5	4,09	8	0,2	0,33	23
Singapour	0,2	0,56	16	0,3	2,22	19	0,2	0,26	26
Royaume-Uni	2,1	0,48	17	5,3	3,45	13	3,6	0,48	15
Canada	1,0	0,42	18	0,9	1,05	34	0,5	0,13	34
Nouvelle-Zélande	0,1	0,42	19	0,3	2,37	18	0,1	0,24	28
Australie	0,5	0,30	20	1,2	2,08	21	0,6	0,21	29
Chine	25,9	0,28	21	19,4	0,60	44	39,7	0,25	27
Italie	1,1	0,27	22	4,2	2,95	15	3,9	0,56	12

Source des données : OMPI (2017) et calculs du comité d'experts

Le tableau fournit des données sur la production de propriété intellectuelle dans les 22 pays de plus de 1 000 000 habitants qui produisent le plus de brevets par habitant. Il présente la part mondiale, le rang mondial et le nombre de brevets, de marques de commerce et de dessins déposés par habitant. Le Canada obtient de mauvais résultats à ces trois indicateurs. Les nombres de dépôts par pays d'origine du déposant sont issus de la base de données de l'OMPI.

sur la science qui peuvent ne pas être aptes à la commercialisation (Greenspon et Rodigues, 2017). Des renseignements supplémentaires sur les brevets se trouvent aux tableaux C.1, C.2, C.3, C.4 et C.5 et à la figure C.1 en appendice.

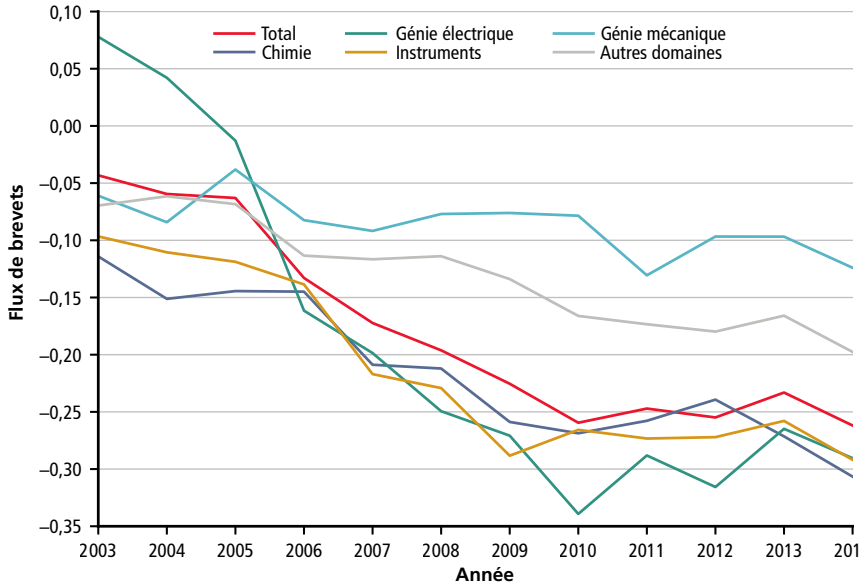
4.2.2 Brevets de recherche par industrie

La forme préférée de protection de la propriété intellectuelle varie selon l'industrie. Bien que BlackBerry et Nortel aient été les plus grands producteurs de brevets au Canada, on a plus fréquemment recours au principe de la source ouverte dans le secteur des logiciels (19 % des entreprises interrogées par Statistique Canada) et des TIC (12 %). Par contre, les brevets ont la faveur des entreprises des sciences de la vie (29 %) et de fabrication pharmaceutique (24 %). Les marques de commerce sont encore plus courantes dans la fabrication de produits pharmaceutiques (40 %) et de produits chimiques (39 %). D'autres industries, telles que l'extraction minière, font rarement appel à la protection de la propriété intellectuelle, quelle qu'en soit la forme (StatCan, 2012a, 2012b, 2012e). Pour cette raison, le comité d'experts reconnaît que l'analyse technométrique offre un tableau très incomplet (et possiblement distordu) de l'activité reliée à la propriété intellectuelle. Cependant, bien que les brevets soient coûteux à déposer, ils peuvent générer d'importants revenus (Jaffe et Lerner, 2006). Ils fournissent donc une indication certainement limitée, mais néanmoins précieuse, des points forts dans les domaines de la R-D où l'application de la recherche est l'objectif principal, au moins pour certaines industries dans certains pays.

Malgré ses faibles performances en matière de brevetage, le Canada excelle dans plusieurs domaines techniques. C'est en génie civil (4,2 % des brevets mondiaux enregistrés au USPTO), en communications numériques (3,5 %) et en autres machines spéciales (3,2 %) qu'il détient le plus de brevets. La part des brevets canadiens a baissé dans 28 domaines techniques (y compris dans les trois plus grands) et a augmenté dans 7 d'entre eux entre 2003–2008 et 2009–2014 (voir le tableau C.1 en appendice). Ce phénomène s'explique en partie par la considérable augmentation de brevets accordés à la Chine par le USPTO (plus de 200 % entre 2003 et 2014, en comptes fractionnaires). L'informatique (3 777 brevets), les communications numériques (2 617) et les télécommunications (2 108) sont les domaines techniques dans lesquels le Canada s'est vu accorder le plus grand nombre de brevets (comptes fractionnaires, 2009–2014). Les domaines techniques dont la croissance a été la plus élevée entre 2003 et 2014 sont les méthodes de traitement de données à des fins de gestion (TCr = 3,0) et l'informatique (TCr = 3,0), alors que l'optique (TCr = 0,7) et les procédés et appareils thermiques (TCr = 0,7) connaissaient les taux de croissance les plus faibles (tableau C.2 en appendice).

4.2.3 Flux de brevets

Ces dix dernières années, le flux de brevets canadiens dans tous les secteurs techniques a constamment baissé. Le flux de brevets fournit un portrait partiel de la façon dont les brevets sont exploités. Un flux négatif représente un déficit d'inventions brevetées détenues par des Canadiens par rapport au nombre d'inventions brevetées créées par des inventeurs canadiens. Le flux pour tous les brevets canadiens a baissé d'environ –0,04 en 2003 à –0,26 en 2014 (figure 4.7). Cela signifie qu'il y a un déficit général de 26 % de propriété de brevets au Canada. Autrement dit, il y a moins de brevets détenus par des établissements canadiens que d'inventions réalisées au Canada. Il s'agit d'un changement notable par rapport à 2003, année où le déficit n'était que de 4 %.



Source des données : calculs de Science-Metrix à partir de la base de données de l'USPTO

Figure 4.7

Flux de brevets canadiens pour tous les secteurs techniques, 2003–2014

La figure représente le flux de brevets pour les cinq principaux secteurs techniques entre 2003 et 2014. Des renseignements supplémentaires sur le de flux de données sont fournis à la figure C.1 et au tableau C.2 en appendice.

Une telle chute a été enregistrée dans tous les secteurs techniques au cours de la dernière décennie, le génie mécanique étant le domaine où elle a été la plus légère et génie électrique celui où elle a été la plus forte (figure 4.7). Dans le secteur technique, le flux de brevets a sensiblement baissé en communications numériques et en télécommunications. Par exemple, en communications

numériques, il est passé de 0,6 en 2003 à –0,2 en 2014. Cette baisse pourrait être partiellement liée à la vente par Nortel de 4,5 milliards de dollars US de brevets au consortium Rockstar (qui regroupe Apple, BlackBerry, Ericsson, Microsoft et Sony) (Brickley, 2011). Chimie alimentaire et technologie des microstructures et nanotechnologie ont aussi enregistré une baisse notable du flux de brevets.

Les facteurs à l'origine du flux de brevets de plus en plus négatif au Canada sont complexes. Par exemple, un brevet peut être acquis par une entreprise étrangère ou être le fruit de travaux réalisés au Canada par un chercheur employé d'une entreprise étrangère. Une étude menée en 2011 sur le flux de brevets canadiens en nanotechnologie a révélé qu'environ la moitié des brevets pour des inventions canadiennes dans ce domaine étaient la propriété d'étrangers (Beaudry et Schiffauerova, 2011). En fait, près d'un tiers des brevets en nanotechnologie déposés par des inventeurs canadiens proviennent d'employés du Centre de recherche canadien de Xerox (XRCC). Par conséquent, les travaux de R-D qui ont conduit à ces brevets ont été largement financés par une entreprise des États-Unis (Xerox Corporation), dont ces inventeurs canadiens étaient employés (Beaudry et Schiffauerova, 2011).

4.3 POINTS FORTS DE LA R-DI CANADIENNE

Le comité d'experts a mesuré la force de la R-Di à peu près de la même façon qu'il a mesuré les dépenses de R-Di des pays : selon l'ampleur, l'intensité et la croissance. Le tableau 4.4 présente ces dépenses pour les industries canadiennes les plus performantes et les moins performantes. Le premier tableau classe les industries en fonction d'un indicateur composite constitué à partir de ces trois dimensions pour 2006–2015. Le deuxième tableau indique l'ampleur et la croissance de leurs dépenses de R-D entre 2014 et 2017 selon les toutes dernières données disponibles[40].

40 À noter que les dépenses de R-D pour 2016 sont préliminaires et que les chiffres pour 2017 sont les intentions annoncées par les entreprises.

Entre 2011 et 2015, sept industries canadiennes ont investi en moyenne plus de 1 milliard de dollars par an en R-D : services de R-D scientifiques, conception de systèmes informatiques, fabrication de matériel de communication, fabrication de produits aérospatiaux, industrie de l'information et industrie culturelle, commerce de gros et extraction du pétrole et du gaz (StatCan, 2017c, 2017o)[41]. Collectivement, ces sept industries représentaient plus de 60 % de la R-Di canadienne. En ce qui a trait à l'intensité, seules 10 des 45 industries canadiennes ont investi plus de 5 % de leurs revenus dans la R-D entre 2009 et 2013, dont services de R-D scientifiques (30,1 % de leurs revenus), fabrication de matériel de communication (17,3 %), conception de systèmes informatiques (8,1 %) et fabrication de produits aérospatiaux (5,6 %) (StatCan, 2017a).

Les plus récentes données de Statistique Canada laissent entrevoir un recul encore plus grand des dépenses de R-D (StatCan, 2017c). Entre 2014 et 2017, la R-D dans les entreprises canadiennes devrait encore baisser de 2,8 % par an (en valeurs nominales), plus de la moitié de ce déclin provenant de l'extraction du pétrole et du gaz et du développement de logiciels. Durant cette période, seules quatre industries devraient investir plus de 1 milliard de dollars par an en moyenne en R-D : services de R-D scientifiques, conception de systèmes informatiques, fabrication de produits aérospatiaux et développement de logiciels. Parmi les industries les plus grosses[42], seulement six devraient accroître leurs dépenses de R-D, avec en tête fabrication de produits chimiques (15 %) et services de télécommunications (13 %), suivis de finance, fabrication de produits pharmaceutiques, services de R-D scientifiques et vente de machinerie en gros. La plupart des industries canadiennes dépensent moins en R-D aujourd'hui qu'au cours de la décennie passée.

41 Ces industries correspondent aux secteurs suivants du SCIAN : 5417, 5415, 3364, 51, 41, 10 et 3342. Dans ce qui suit, les raccourcis suivants sont utilisés : « fabrication de produits pharmaceutiques » équivaut à « fabrication de produits pharmaceutiques et de médicaments »; « fabrication de produits aérospatiaux » équivaut à « fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces »; « services de télécommunications » équivaut à « traitement de données, hébergement de données et services connexes »; et « fabrication de véhicules automobiles » équivaut à « fabrication de véhicules automobiles et de leurs pièces ».

42 Soit les 16 industries qui ont dépensé en moyenne plus de 250 millions de dollars entre 2014 et 2017.

Tableau 4.4
Points forts de la R-Di, 10 industries canadiennes les plus performantes et 10 industries canadiennes les moins performantes, 2006–2015

	2011–2015	2006–2015	2009–2013	2006–2015
	Ampleur (M$)	Croissance (%)	Intensité (%)	Force
10 industries les plus performantes				
Services de recherche et de développement scientifiques	2 050	6,63	30,10	254,17
Conception de systèmes informatiques et services connexes	1 619	3,35	8,08	152,28
Fabrication de matériel de communication	1 158	–1,67	17,33	148,60
Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces	1 509	5,55	5,60	143,81
Industrie de l'information et industrie culturelle	1 477	5,50	2,78	132,79
Commerce de gros	1 450	7,43	1,58	132,02
Extraction du pétrole et du gaz, forage à forfait et services connexes	1 287	3,61	0,93	112,85
Fabrication de première transformation des métaux (ferreux)	117	26,04	0,30	106,68
Fabrication de tous autres types de matériel de transport	175	15,81	2,38	92,26
Fabrication d'instruments de navigation, de mesure et de commande et d'instruments médicaux	407	–0,40	8,22	84,73
10 industries les moins performantes				
Fabrication de produits en bois	80	–4,41	0,90	34,97
Fabrication de produits minéraux non métalliques	62	–5,66	0,76	30,70
Fabrication de meubles et de produits connexes	30	–6,20	1,00	28,66
Fabrication de véhicules automobiles et pièces	238	–12,44	0,36	21,90
Fabrication de produits en caoutchouc	20	–8,23	0,38	21,31
Fabrication de produits du pétrole et du charbon	92	–16,30	4,87	20,67
Usines de textile et usines de produits textiles	33	–10,83	1,80	20,52
Fabrication de boissons et de produits du tabac	11	–8,92	0,63	20,08
Fabrication du papier	156	–12,49	0,90	19,61
Foresterie, exploitation forestière et les activités de soutien à la foresterie	9	–15,80	1,00	4,95

Cette section du tableau présente les données sur la R-Di nationale (SCIAN) pour 20 industries canadiennes selon trois dimensions : ampleur (DIRDE annuelles moyennes pour 2011–2015, en dollars actuels), intensité (intensité des DIRDE annuelles moyennes pour 2009–2013) et croissance (taux de croissance annuel composé, ou TCAC, pour 2006–2015). L'indicateur composite, qui pondère les trois dimensions de façon égale, est affiché dans la dernière colonne. Dans ce tableau, les 10 industries les plus performantes en R-D et les 10 les moins performantes sont classées d'après cet indicateur. Les cellules ombrées en vert, bleu et jaune correspondent à une ampleur > 1 G$, une croissance > 2,6 % et une intensité > 5 %, respectivement. Les cellules orange indiquent les quatre industries constituant un point fort de la R-D. Pour fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces, l'intensité de la R-D est estimée à partir des données pour 2004–2009 (les données ultérieures ont été supprimées). Le TCAC est parfois calculé pour une période plus courte pour des raisons de disponibilité des données (voir le tableau D.3 en appendice).

	2014–2017	
	Ampleur (M$)	Croissance (%)
10 industries les plus performantes		
Services de recherche et de développement scientifiques	2 248	1,55
Conception de systèmes informatiques et services connexes	2 035	–0,30
Fabrication de matériel de communication	326	–9,13
Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces	1 511	–4,70
Éditeurs de logiciels	1 250	–12,26
Télécommunications et traitement de données, hébergement de données et services connexes	697	12,83
Grossistes-marchands de machines, de matériel et de fournitures	963	1,55
Grossistes-marchands de produits et fournitures pharmaceutiques	311	–5,46
Extraction du pétrole et du gaz	867	–28,40
Fabrication de première transformation des métaux (ferreux)	224	–21,72
Fabrication de tous autres types de matériel de transport	220	0,45
Fabrication d'instruments de navigation, de mesure et de commande et d'instruments médicaux	390	–0,64
10 industries les moins performantes		
Fabrication de produits en bois	73	3,13
Fabrication de produits minéraux non métalliques	44	3,39
Fabrication de meubles et de produits connexes	32	–3,13
Fabrication de véhicules automobiles et pièces	214	0,16
Fabrication de produits en caoutchouc	17	–3,85
Fabrication de produits du pétrole et du charbon	–	–
Usines de textile et usines de produits textiles	27	20,83
Fabrication de boissons et de produits du tabac	9	0,00
Fabrication du papier	144	–19,80
Foresterie, exploitation forestière et les activités de soutien à la foresterie	6	–16,67

Source des données : StatCan (2017a, 2017c, 2017o) et calculs du comité d'experts

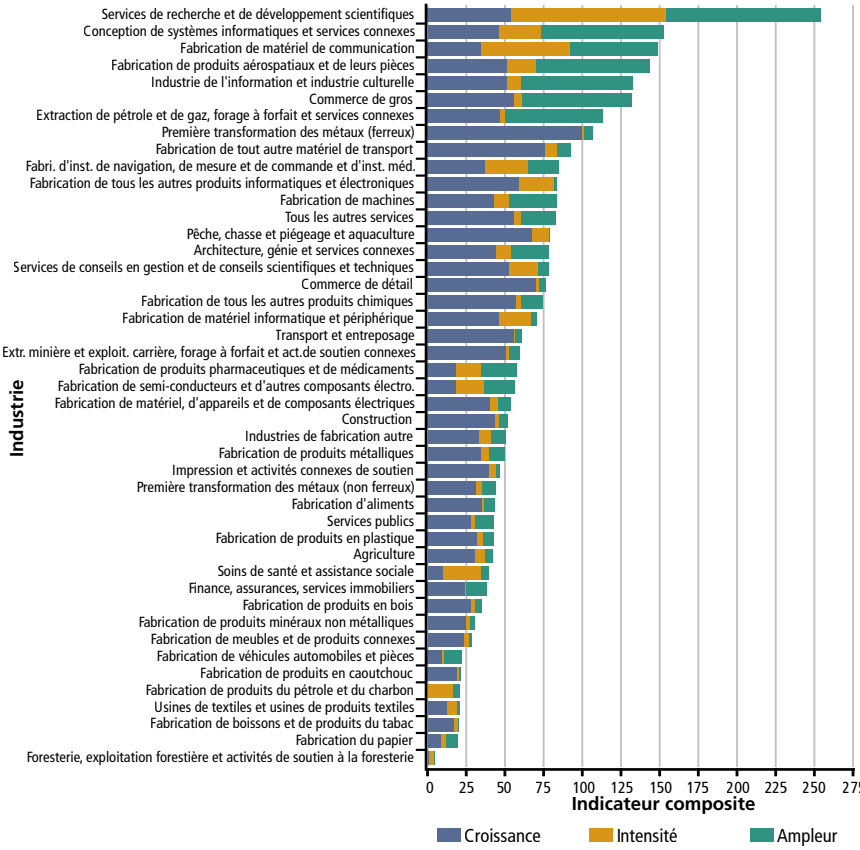
Cette section du tableau présente l'ampleur et la croissance des dépenses entre 2014 et 2017. Développement de logiciels et services de télécommunications sont les deux plus gros sous-secteurs d'industrie de l'information et industrie culturelle et grossistes-marchands de machines, de matériel et de fournitures et grossistes-marchands de produits et fournitures pharmaceutiques sont les deux plus gros sous-ensembles du secteur du commerce de gros. Cette décomposition utile n'est disponible qu'avec les récentes données de Statistique Canada. Les chiffres révèlent un affaiblissement des dépenses de R-Di avec d'importantes fluctuations entre les industries.

4.3.1 Services de R-D scientifiques, TIC et aérospatiale constituent les points forts de la R-D

Pour déterminer les industries qui constituent les points forts de la R-D, le comité d'experts s'est appuyé sur un indicateur composite constitué de trois indices : l'ampleur (dépenses annuelles moyennes de R-D entre 2006 et 2015), l'intensité (dépenses de R-D en proportion des revenues entre 2009 et 2013) et la croissance (taux de croissance annuel composé pour 2006–2015) (figure 4.8, tableau 4.4). Quatre industries se sont ainsi distinguées :

- Services de recherche et de développement scientifiques
- Conception de systèmes informatiques
- Fabrication de matériel de communication
- Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces

L'investissement en R-D dans le secteur des services de R-D scientifiques devrait augmenter en 2014–2017. Cette industrie concentre plus de 5 % de l'investissement dans la R-Di canadienne depuis 2006 — selon un taux se comparant bien à la moyenne du G7 (tableau 4.5). Mais on n'est pas certain du type de R-D mesuré dans ce secteur. En effet, les entreprises y effectuent de la recherche fondamentale, de la recherche appliquée et du développement expérimental dans tous les domaines des sciences naturelles, du génie et des sciences de la vie (StatCan, 2016e). C'est-à-dire qu'elles utilisent la recherche scientifique pour le développement de leurs produits et de leurs procédés. De plus, la description de cette industrie dans la classification recense de nombreux domaines de la science aussi divers que la chimie, les mathématiques et l'océanographie (StatCan, 2016e). Elle comprend des entreprises en démarrage qui interviennent au stade précommercial et donc ne bénéficient pas d'un apport de revenus leur permettant d'être classifiées selon leur principal produit commercial (Lonmo, 2007; CAC, 2013b; Richards *et al.*, 2017). En principe, elle pourrait inclure les entreprises qui œuvrent dans les domaines de la biotechnologie, des technologies propres, des TIC et d'autres secteurs fortement scientifiques. Cependant, le SCIAN, la CITI et d'autres classifications sectorielles distinguent souvent la biotechnologie comme un domaine essentiel (Murphy, 2011). En tout état de cause, qu'elle comprenne ou non les entreprises des biotechnologies ou d'autres entreprises de haute technologie, cette industrie possède une force qui peut être synonyme de promesses pour les entreprises en démarrage canadiennes, et pour ses spécialistes et son infrastructure de R-D de façon plus générale. Malheureusement, ces systèmes de classification ne permettent pas d'être plus concret.



Source des données : StatCan, 2017a, 2017i

Figure 4.8

Force de la R-Di nationale, industries canadiennes, 2006–2015

Dans cette figure, les industries sont classées selon un indicateur composite des dépenses de R-Di fondé sur l'ampleur (DIRDE, moyenne pour 2011–2015), l'intensité (rapport DIRDE-PIB, moyenne pour 2009–2013) et la croissance (TCAC des DIRDE, 2006–2015). Chaque élément est évalué sur 100, ce qui signifie que la valeur maximale de l'indicateur est de 300.

Les tendances en ce qui concerne les dépenses de R-D en conception de systèmes informatiques et en fabrication de matériel de communication mettent en évidence la réorientation de l'économie de la fabrication vers les services. Si les dépenses de R-D en conception de systèmes informatiques[43] — deuxième secteur en taille et quatrième secteur en intensité au Canada — devraient

43 Inclut notamment les services informatiques, tels que les systèmes et les logiciels personnalisés, la gestion de données, la création de pages Web et le développement de jeux vidéo (StatCan, 2016e).

légèrement baisser (0,3 %) pour 2014–2017, elles ont augmenté à un taux moyen de 3,4 % par an entre 2006 et 2015. En revanche, l'investissement dans la R-D en fabrication de matériel de communication devrait baisser de 9,1 % en moyenne par an entre 2014 et 2017, après avoir enregistré un recul de 1,7 % par an entre 2006 et 2015. Les données récentes (StatCan, 2017c) soulignent aussi une croissance divergente entre les services de télécommunications et le développement de logiciels, comme nous le notons plus haut[44]. En fin de compte, le rendement des 11 industries qui composent les TIC varie considérablement. Mais ces données granulaires permettent, entre autres, de distinguer la conception de systèmes et les services de télécommunications de la fabrication de matériel et du développement de logiciels. La section 4.4.1 dresse le profil des TIC canadiennes ces dernières années.

Malgré une baisse projetée de l'investissement dans la R-D de 4,7 % par an entre 2014 et 2017, fabrication de produits aérospatiaux[45] demeure parmi les domaines les plus gros et les plus intenses en R-D de l'économie canadienne (tableau 4.4 et section 4.4.2). Cependant, en 2011, l'intensité de la R-D canadienne en aérospatiale n'équivalait qu'aux deux tiers de la moyenne du G7 (tableau 4.5). Contrairement au rapport sur la R-Di 2013 (CAC, 2013b), fabrication de produits pharmaceutiques et extraction du pétrole et du gaz ne constituent pas des points forts industriels de la recherche dans le présent rapport (voir les sections 4.4.3 et 4.4.4, respectivement).

4.3.2 Comparaison internationale

Comparer les industries canadiennes les unes aux autres permet de constater où les dépenses de R-Di sont les plus fortes *à l'intérieur* du Canada. Comparer ces industries avec leurs homologues étrangères donne une indication des domaines où le Canada peut être un chef de file mondial. Malheureusement, la disponibilité et la comparabilité des données rendent ces comparaisons difficiles. Premièrement, les données sur l'intensité de la R-Di ne sont disponibles que jusqu'à 2011 (Galindo-Rueda et Verger, 2016) et les données sur les dépenses ne sont accessibles que pour certaines industries de certains pays de l'OCDE. Par exemple, on ne dispose pas de chiffres comparables à l'échelle internationale pour les domaines canadiens de la fabrication aérospatiale et du raffinage du pétrole. De même, le comité d'experts a noté que les données du secteur des services ne sont pas suffisamment granulaires, reposent sur de vieilles définitions

44 De même, l'investissement dans la R-D en commerce de gros se répartit entre machinerie et matériel, qui inclut les ordinateurs et le matériel informatique, matériels médicaux, matériel de navigation et fournitures industrielles (p. ex. agricoles, forestières et minières) et commerce de gros de produits pharmaceutiques (voir la section 1.4.3) (StatCan, 2016e).

45 En plus des aéronefs, cette industrie produit des engins spatiaux, des simulateurs, des satellites et d'autres produits perfectionnés (StatCan, 2016e).

(p. ex. le logiciel est de plus en plus un service) ou combinent des industries qui devraient être séparées (p. ex. finance et assurance). Deuxièmement, Statistique Canada et l'OCDE rendent compte des dépenses de R-D en fonction du SCIAN et de la CITI (Rev. 4), respectivement. Pour certaines industries, ces classifications concordent soit parfaitement (p. ex. pour la R-D scientifique ou l'aérospatiale) soit presque parfaitement (p. ex. pour l'extraction du pétrole et du gaz). Mais pour d'autres, comme les TIC (p. ex. systèmes informatiques et logiciels), l'industrie de l'information et l'industrie culturelle et les soins de santé et l'aide sociale, les comparaisons sont plus ardues. De plus, les données de la CITI (Rev. 4) sont disponibles seulement pour 2009–2013, ce qui réduit la période de calcul de la croissance des dépenses.

Tableau 4.5

International Comparisons of Selected Canadian Industries, 2009–2013

Industrie (CITI Rev.4)	DIRDE 2009–2013 (G$)		Intensité 2011 (%)		Croissance 2009–2013 (%)	
	CAN	G7	CAN	G7	CAN	G7
Recherche scientifique et développement	1,4	5,5	35,5	30,4	0,1	–1,7
Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques	1,7	17,8	33,2	24,1	–5,5	1,1
Édition de logiciels	0,4	8,7	–	28,9	–0,1	8,5
Construction aéronautique et spatiale et de matériel connexe	1,3[E]	5,8	20,1	31,7	6,6 [E]	3,9
Fabrication de préparations pharmaceutiques, de produits chimiques à usage médicinal et de produits d'herboristerie	0,3	11,7	12,9	28,0	–13,9	1,0
Activités extractives (inclut l'extraction de pétrole et de gaz naturel)	1,1	0,7	0,8	0,8	11,8	–6,1
Fabrication de papier	0,1	0,2	1,7	1,6	11,9	2,0
Construction de véhicules automobiles	0,1	11,8	1,8	15,5	–12,4	7,3

Source des données : OCDE (2017a) et calculs du comité d'experts

Le tableau présente les données internationales (CITI Rev. 4) sur la R-D pour les industries canadiennes constituant des points forts et des points faibles de la R-D dans trois dimensions : ampleur (DIRDE annuelles moyennes pour 2009–2013), intensité (intensité des DIRDE en 2011, en dollars US corrigés en fonction de la parité de pouvoir d'achat) et croissance (taux de croissance annuel composé pour 2009–2013). Les cellules en vert, jaune et bleu indiquent que l'industrie canadienne dépasse la moyenne du G7 pour cet indicateur. Les dépenses et la croissance en construction aéronautique et spatiale sont estimées (E) à partir du tableau 4.4.

Le Canada excelle dans les services de R-D scientifiques. Quelle que soit sa composition, la R-D dans cette industrie est plus intensive au Canada qu'en moyenne au sein du G7 (tableau 4.5). Et si l'investissement n'y est que de 25 % de la moyenne du G7, le Canada est le seul pays du groupe dans lequel les dépenses de R-D n'ont pas baissé entre 2009 et 2013 dans ce domaine. La solide performance de ce secteur, qui comprend probablement des entreprises en démarrage et des entreprises biotechnologiques, met en lumière une grosse difficulté qu'éprouve le Canada : traduire l'innovation en création de richesse. Un problème qui résulte plutôt d'un manque de compétences en gestion (entre autres) que de l'incapacité à innover des meilleurs cerveaux canadiens (voir la section 6.3.6).

Ces données semblent également indiquer que la fabrication de matériel de communication, qui comprend les télécommunications, avait une plus forte intensité de R-D au Canada qu'en moyenne dans le G7. Pourtant, tout comme développement de logiciels, ce secteur n'équivalait qu'à une fraction de la moyenne du G7 entre 2009 et 2013. D'autre part, en 2011, l'intensité de la R-D canadienne en fabrication de produits aérospatiaux était à peine supérieure à 60 % de la moyenne du G7.

Le rendement du Canada en fabrication de produits pharmaceutiques et fabrication de véhicules automobiles était faible selon les normes internationales. Ces deux industries ont investi beaucoup moins que la moyenne du G7 entre 2009 et 2013. Alors que l'intensité de la R-D était environ la moitié de la moyenne du G7 (12,9 % contre 28,0 %) en fabrication de produits pharmaceutiques, elle n'était que d'environ 10 % de la moyenne de l'OCDE en fabrication de véhicules automobiles (15,5 % contre 1,8 %). En revanche, l'extraction du pétrole et du gaz et la fabrication du papier avaient une intensité de R-D aussi forte que dans les pays du G7.

Le tableau 4.6 fait ressortir 20 industries dans lesquelles le Canada se comparait bien ou mal à la moyenne du G7 entre 2009 et 2013 selon l'indicateur composite (ampleur, intensité et croissance). Outre ces secteurs, le Canada se compare favorablement en industrie culturelle (édition de livres et production cinématographique et télévisuelle), commerce de gros et immobilier, mais traîne en services d'information (traitement de données) et en fabrication de produits chimiques, d'instruments médicaux et d'aliments. La tendance qui se dégage du tableau 4.6, et qui reflète les dépenses globales du secteur technologique (tableau 4.2), est claire : les industries de R-D canadiennes qui mènent à l'échelle mondiale sont concentrées dans les secteurs de basse et moyenne à basse technologie (9 sur les 10 plus performantes). De même, les industries à la traîne sont regroupées dans des secteurs de haute et moyenne à haute technologie (6 des 10 moins performantes).

Il est incontestable que les dépenses dans la R-Di canadienne baissent et sont concentrées dans des industries intrinsèquement moins intensives en R-D que les autres. Cependant, le comité d'experts fait remarquer que les données brutes sur les dépenses de R-D peuvent ne pas refléter entièrement les tendances technologiques, économiques ou organisationnelles sous-jacentes qui influencent les modèles de dépenses de R-D dans ces industries. Les profils d'industries présentés dans la section qui suit permettent, en partie, de corriger cette situation.

Tableau 4.6

Comparaisons de la R-Di internationale, 10 industries canadiennes les plus performantes et 10 industries les moins performantes, 2009–2013

Industrie (CITI)	Secteur techno	DIRDE 2009–2013 (M$)	Intensité 2011 (%)	Croissance 2009–2013 (%)	Indicateur composite
10 industries les plus performantes					
5-9 : Activités extractives	M-B	1 223	0,76	11,80	253
581 : Éditions de livres, de revues et autres activités d'édition	M-B	46	–	18,35	153
59-60 : Activités de production de films cinématographiques et vidéo, de programmes de télévision; activités de programmation et de diffusion	B	32	0,45	17,05	135
45-47 : Commerce de gros et de détail; réparations de véhicules automobiles et de motocycles	B	1 081	0,78	–1,23	101
68 : Activités immobilières	B	6	0,03	–9,31	43
72 : Recherche scientifique et développement	H	1 416	35,52	0,06	42
16 : Production de bois et d'articles de bois et en liège (sauf fabrication de meubles)	M-B	70	1,34	–5,30	36
94-99 : Autres activités de services; activités de ménages privés employant du personnel domestique; activités des organisations et organismes extraterritoriaux	B	14	0,11	8,26	21
17 : Fabrication de papier et d'articles de papier	M-B	104	1,66	11,84	18
77-82 : Administration et activités d'appui administratif	B	113	0,38	–1,10	4

suite à la page suivante

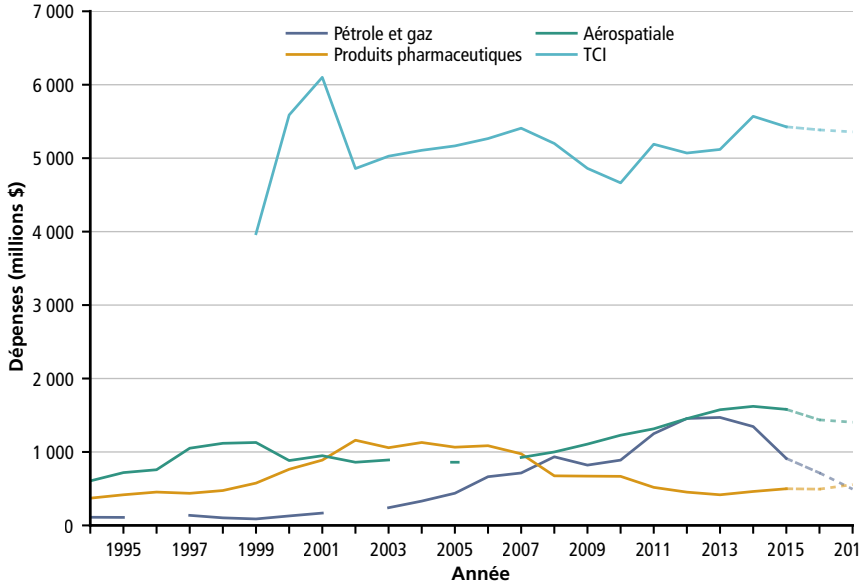
Industrie (CITI)	Secteur techno	DIRDE 2009–2013 (M$)	Intensité 2011 (%)	Croissance 2009–2013 (%)	Indicateur composite
10 industries les moins performantes					
41-43 : Construction	B	52	0,11	–17,59	–181
22 : Fabrication d'articles en caoutchouc et en matières plastiques	M	–	1,95	–	–182
31 : Fabrication de meubles	M-B	16	0,75	–20,44	–183
10-12 : Fabrication de produits alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac	M-B	124	0,56	–7,53	–192
21 : Fabrication de préparations pharmaceutiques, de produits chimiques à usage médicinal et de produits d'herboristerie	H	311	12,91	–13,88	–205
325 : Fabrication d'instruments et appareils médicaux et dentaires	M-H	45	3,38	–3,40	–211
20 : Fabrication de produits chimiques	M-H	137	2,27	–13,91	–231
55-56 : Activités d'hébergement et de restauration	B	2	–	–25,67	–231
63 : Activités de services d'information	M-H	88	–	10,51	–283
29 : Construction de véhicules automobiles, de remorques et de semi-remorques	M-H	124	1,78	–12,37	–357

Source des données: OCDE (2017a) et calculs du comité d'experts

Le tableau présente les données internationales (CITI Rev. 4) sur la R-Di pour les industries canadiennes constituant des points forts et des points faibles en R-D, dans trois dimensions : ampleur (DIRDE annuelles moyennes pour 2009–2013, en millions de dollars US), intensité (intensité des DIRDE en 2011) et croissance (taux de croissance annuel composé pour 2009–2013). L'ampleur et la croissance correspondent à la moyenne calculée du G7, alors que l'intensité correspond à la différence logarithmique entre le Canada et le G7. L'indicateur composite pondère les trois dimensions de façon égale. Présenté dans la dernière colonne, il permet de classer les 10 industries les plus performantes et les 10 industries les moins performantes en matière de R-D. La colonne « Secteur techno » indique le secteur technologique de l'OCDE auquel appartient l'industrie (H = haute technologie, M-H = moyenne à haute technologie, M = moyenne technologie, M-B = moyenne à basse technologie et B = basse technologie). La classification des secteurs technologiques par industrie est exposée au tableau D.2 en appendice.

4.4 PROFILS D'INDUSTRIES

Le comité d'experts insiste sur l'importance de ne pas surinterpréter les données probantes présentées jusqu'ici, surtout quand les chiffres sont périmés, indisponibles ou incomparables. C'est particulièrement vrai au niveau de l'industrie. Par ailleurs, les données agrégées ne prennent pas complètement en considération la dynamique qui modèle l'évolution de la R-Di. Par conséquent, le comité a cherché à fournir une évaluation plus détaillée de quatre industries définies en 2013 comme des points relativement forts de la R-Di canadienne : technologies de l'information et des télécommunications, fabrication de produits aérospatiaux, fabrication de produits pharmaceutiques et extraction du pétrole et du gaz. Les dépenses de R-D dans ces industries sont illustrées à la figure 4.9.



Source des données : StatCan, 2017c, 2017o

Figure 4.9

Dépenses de R-Di pour les industries sélectionnées au Canada, 1994–2017

Parmi les quatre industries cernées comme points forts de la R-Di canadienne (CAC, 2013b), l'aérospatiale et l'extraction du pétrole et du gaz ont connu une croissance constante de l'investissement dans la R-D depuis le milieu des années 1990. Les dépenses de R-D dans l'industrie pharmaceutique ont augmenté jusqu'au milieu des années 2000 et baissé abruptement après 2008. Les investissements dans les TIC sont constants depuis 1999. À noter la forte baisse des investissements dans la R-Di en extraction du pétrole et du gaz, forage à forfait et services connexes au cours des cinq dernières années. Les chiffres pour 1994–2013 sont fondés sur l'ancienne méthodologie de Statistique Canada et ceux pour 2014–2017, sur la nouvelle. Il faut faire preuve de prudence dans l'interprétation des différences entre les dépenses en R-D pour 2013 et 2014 en raison des changements méthodologiques apportés par Statistique Canada. Les données pour 2016 sont préliminaires et celles pour 2017 correspondent aux intentions communiquées par les entreprises (lignes pointillées).

4.4.1 Technologies de l'information et des communications

État actuel

Les TIC sont le plus gros investisseur industriel en R-D. Les dépenses de R-D dans ses 11 industries (qui comprennent conception de systèmes informatiques et télécommunications) devraient représenter 31 % des dépenses totales canadiennes de R-Di en 2017[46]. La domination des TIC a persisté malgré une légère décroissance de la part du Canada dans la production de recherche mondiale et une légère baisse de la part du domaine dans la recherche canadienne. Les chercheurs en TIC au Canada continuent à exceller dans plusieurs sous-domaines, dont informatique médicale, architecture et matériel informatiques et réseautique et télécommunications. Le Canada a une longue tradition de R-D appliquée dominée par des entreprises nationales comme Nortel et BlackBerry et par des filiales de multinationales telles que Xerox et IBM[47]. Si les industries des TIC continuent à être un considérable contributeur de la R-D, on a assisté en 2006–2015 à une érosion de l'investissement dans la recherche en fabrication dans ce domaine, par exemple dans la fabrication de semi-conducteurs et de matériel de communication (StatCan, 2017c, 2017o). En revanche, l'investissement dans la conception de systèmes informatiques et dans les services de télécommunications a connu une croissance durant la même période. Cela traduit partiellement la participation du Canada à la réorientation mondiale de la conception de matériel au développement de logiciels (marquée, par exemple, par la montée des modèles de logiciel en tant que service (SaaS) ou des réseaux définis par logiciel (SDN) en télécommunications) et l'augmentation de l'externalisation de la fabrication des semi-conducteurs et autres matériels vers l'Asie.

Évolution et possibilités

Plusieurs industries sont actuellement sur le point de vivre une révolution technologique due à l'innovation axée sur les TIC. Dans le secteur manufacturier, le concept d'Industrie 4.0 a vu le jour pour qualifier la perturbation anticipée dans les procédés industriels qui devrait déclencher un changement radical de la productivité, similaire à celui qui a suivi l'invention du moteur à vapeur, l'électrification, la production de masse et l'ordinateur. Le principal moteur de ce changement est la fusion de solutions informatiques avancées et de procédés de production automatisée pour créer des systèmes de production cyberphysiques, également appelée *numérisation de la fabrication* ou *industrie intelligente*. Les innovations dans les TIC, comme l'Internet des objets, l'intelligence artificielle, l'infonuagique, l'analyse des mégadonnées et la réalité virtuelle, combinées aux

46 D'après les intentions indiquées par l'industrie.

47 À leur sommet en 2000, les dépenses mondiales de R-D chez Nortel s'élevaient à près de 6 milliards de dollars par an, un chiffre qui demeure bien supérieur à l'investissement de n'importe quelle entreprise canadienne d'aujourd'hui (Re$earch Infosource Inc., 2018).

procédés de fabrication additifs, permettent la mise en réseau d'objets intelligents, la gestion indépendante de procédés et l'interaction entre les mondes réel et virtuel (Hermann *et al.*, 2016). Ces tendances créent des possibilités pour le Canada, à la condition que les entreprises de TIC soient bien outillées pour fournir les technologies de réseautage de nouvelle génération et les services connexes à la base des changements dans la fabrication.

Les progrès en TIC dépassent le domaine de la fabrication, ils transforment des industries. Par exemple, les services financiers semblent destinés à se transformer en raison de l'arrivée de nouvelles technologies financières (FinTech), dont les chaînes de blocs et les applications fondées sur l'intelligence artificielle. Au Canada, cette industrie a récemment accru ses investissements dans la R-D afin de bien se positionner en vue des innovations à venir découlant de la recherche sur les TIC (encadré 4.2). Si les cols bleus du domaine de la fabrication ont été les plus lourdement touchés par les précédentes révolutions technologiques, certaines nouvelles technologies peuvent à présent avoir un fort impact sur les cols blancs. Les technologies reposant sur l'intelligence artificielle peuvent effectuer nombre de tâches jusqu'ici confiées aux travailleurs du secteur des services dans de nombreuses industries. Par exemple, au Canada, Botler AI, une entreprise en démarrage canadienne, propose un agent conversationnel gratuit, qui aide les immigrants à s'y retrouver dans les procédures juridiques d'immigration (Erlick, 2017). Dans la même veine, ROSS Intelligence, qui possède des bureaux à Toronto et à San Francisco, utilise l'intelligence artificielle et les ordinateurs pour analyser de gros volumes de documents juridiques (Rieti, 2017).

Encadré 4.2
La révolution des FinTech

Les services financiers sont une industrie majeure au Canada. En 2015, ils représentaient 4,4 % des emplois et environ 7 % du PIB au Canada (Burt, 2016). Toronto est le deuxième centre de services financiers en importance en Amérique du Nord et un des plus dynamiques centres de recherche en FinTech. Depuis 2010, plus de 100 entreprises en démarrage ont été fondées au Canada, attirant plus de 1 milliard de dollars d'investissement (Moffatt, 2016). En 2016 seulement, l'investissement en capital de risque dans les entreprises de technologie financière canadiennes a augmenté de 35 % pour atteindre 137,7 millions de dollars (Ho, 2017). La Toronto Financial Services Alliance estime qu'approximativement 40 000 spécialistes des TIC œuvrent dans les services financiers uniquement à Toronto.

suite à la page suivante

Grâce à l'intelligence artificielle, aux chaînes de blocs et autres, la recherche en TIC procure les bases de plusieurs innovations transformationnelles en FinTech, dont les registres de transactions décentralisés, les cryptomonnaies (p. ex. bitcoin) et l'évaluation du risque et la détection des fraudes fondées sur l'intelligence artificielle. Ces innovations offrent aux entreprises de services financiers établies la possibilité de développer de nouveaux marchés, mais procurent également des points d'entrée aux entreprises technologiques pour le développement d'offres de services concurrentes, favorisant ainsi la concurrence au sein du domaine. Face à ce phénomène, de nombreuses entreprises de services financiers accroissent leurs investissements dans les entreprises de FinTech (Breznitz *et al.*, 2015). Les cinq plus grandes banques affirment investir chaque année plus de 1 milliard de dollars en R-D sur les solutions logicielles avancées, notamment dans les innovations axées sur l'intelligence artificielle (J. Thompson, communication personnelle, 2016). Les banques investissent également de plus en plus dans la recherche universitaire et dans la collaboration avec des entreprises en démarrage. Par exemple, tout comme plusieurs grandes sociétés d'assurance et de gestion financière, les cinq grandes banques ont investi dans le Vector Institute for Artificial Intelligence (Kolm, 2017).

L'intelligence artificielle est la capacité des machines à prendre des décisions et à réaliser des objectifs complexes (Tegmark, 2017). Aujourd'hui, son champ d'application est principalement étroit, chaque système étant conçu pour réaliser des objectifs précis, comme jouer aux échecs ou détecter le cancer. Mais les récentes avancées en traduction langagière, en composition musicale et en jeux vidéo laissent penser qu'elle pourrait atteindre des objectifs bien plus complexes. L'intelligence artificielle possède un énorme potentiel, mais on ne sait pas comment elle affectera le marché de la main-d'œuvre, la médecine, le transport, la sécurité, les conflits, le droit et les institutions et industries (Bostrom, 2014; Tegmark, 2017).

Un préalable à ce que les machines prennent des décisions intelligentes est qu'elles comprennent la façon dont fonctionne le monde — une aptitude aussi appelée *apprentissage profond*. Si la recherche sur l'intelligence artificielle a commencé au milieu des années 1950, elle n'est devenue une source intéressante de production scientifique qu'au milieu des années 1990. Depuis 2005, le nombre de publications portant sur les réseaux neuronaux, l'apprentissage profond ou l'intelligence artificielle proprement dite a augmenté exponentiellement grâce à l'intérêt croissant d'autres domaines dans le développement d'applications à partir de ce concept (Niu *et al.*, 2016). Aujourd'hui, les chercheurs croient que ce domaine est sur le point de réaliser des percées majeures qui pourraient

mener à des innovations potentiellement transformationnelles dans plusieurs industries, dont les véhicules autonomes, la logistique, l'automatisation, le diagnostic médical, les services bancaires ou les systèmes de recommandation.

L'intelligence artificielle attire des chercheurs et des investissements depuis les années 1960; cependant, elle a connu dans les années 1970 et 1980 des périodes de stagnation, parfois appelées « hiver de l'intelligence artificielle ». Pendant cette période, l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA), dirigé par Fraser Mustard, a commencé à soutenir la recherche dans cette discipline au moyen d'un programme décennal appelé « Intelligence artificielle, robotique et société », actif de 1983 à 1994. En 2004, l'ICRA a lancé un nouveau programme intitulé « Calcul neuronal et perception adaptative », qui a été renouvelé à deux reprises en 2008 et en 2014 sous le titre « Apprentissage automatique, apprentissage biologique ». Ces programmes ont permis au gouvernement d'assurer un soutien à long terme et prévisible à la recherche à haut risque, qui a propulsé les chercheurs canadiens à l'avant-scène du développement mondial de l'intelligence artificielle. Dans les années 1990 et au début des années 2000, seuls les États-Unis dépassaient le Canada en matière de production et d'impact de la recherche dans ce domaine (ICRA, 2016). Le CRSNG a aussi soutenu l'intelligence artificielle dès le début. Selon sa base de données interrogeable sur les subventions, il finance des projets de recherche sur le sujet depuis au moins 1991–1992 (année la plus ancienne sur laquelle la base peut être interrogée) (CRSNG, 2017a).

L'Université de Toronto, l'Université de l'Alberta et l'Université de Montréal ont émergé comme des centres internationaux de recherche sur les réseaux neuronaux et l'apprentissage profond, grâce à de grands experts comme Geoffrey Hinton et Yoshua Bengio. Récemment, ces universités sont devenues des centres dynamiques de recherche dans les applications d'intelligence artificielle, à la faveur d'un assemblage diversifié d'instituts de recherche spécialisée, d'accélérateurs et d'entreprises en démarrage, et d'un investissement croissant dans les grands acteurs internationaux du développement du domaine, comme Microsoft, Google et Facebook. De nombreux chercheurs influents d'aujourd'hui sont canadiens ou ont travaillé à un moment ou à un autre dans un établissement canadien ou avec des scientifiques canadiens. Geoffrey Hinton, éminent scientifique de l'ICRA, qui a lancé la recherche sur l'intelligence artificielle à l'Université de Toronto, a formé plusieurs personnalités de différents domaines du développement du secteur, dont Yann LeCun (professeur, Université de New York et directeur de la recherche en intelligence artificielle, Facebook); Brendan Frey (fondateur et président-directeur général, Deep Genomics); Ruslan Salakhutdinov (directeur de la recherche en intelligence artificielle, Apple); Richard Zemel (cofondateur, Smart Finance); et Ilya Sutskever (cofondateur et directeur de la recherche, OpenAI) (UofT News, 2017b).

Avec la hausse des possibilités internationales en recherche en intelligence artificielle et dans l'industrie des TIC, de nombreux pionniers canadiens de cette discipline ont été attirés par les établissements et les entreprises de recherche à l'extérieur du Canada. Selon l'OCDE, la part du Canada dans les brevets de ce secteur a baissé de 2,4 % en 2000–2005 à 2 % en 2010–2015. Bien que le pays soit le sixième producteur en importance de publications scientifiques les plus citées portant sur l'apprentissage machine, les entreprises dont le siège social se trouve au Canada représentaient seulement 0,9 % des inventions touchant ce domaine en 2012–2014 (OCDE, 2017c). Cependant, les chercheurs canadiens contribuent encore aux principaux nœuds d'un réseau international en expansion, et la plupart d'entre eux entretiennent toujours des liens avec leur établissement d'origine. Comparativement à leurs pairs étrangers, les chercheurs canadiens s'engagent dans des collaborations internationales bien plus souvent que ce à quoi on se serait attendu d'après le niveau de la production de recherche canadienne, le Canada occupant la cinquième position au classement de la collaboration.

Le Canada prend actuellement des mesures pour exploiter son leadership précoce dans le domaine. Dans le budget 2017, le gouvernement fédéral a promis 125 millions de dollars pour une stratégie pancanadienne en intelligence artificielle afin de promouvoir la collaboration entre les grappes à Montréal, Toronto–Waterloo et Edmonton, qui seront administrés par l'ICRA (GC, 2017). Une partie de ces fonds seront destinés au Vector Institute de l'Université de Toronto, qui vise à accroître notablement la formation des étudiants au Canada et à favoriser la mise sur pied d'une super grappe d'intelligence artificielle à Toronto. En collaboration avec d'autres centres du domaine au Canada, le Vector Institute cherche à assurer une masse critique de recherche, de fonds et de personnel hautement qualifié (PHQ), et d'investissement dans les travaux de développement au Canada. Cette initiative réglerait une des principales préoccupations soulevées par les entreprises qui investissent dans la recherche dans cette discipline au Canada, c'est-à-dire qu'elle assurerait qu'une expertise suffisante — une masse critique de talents — sera disponible dans le futur pour justifier le potentiel à long terme de leurs investissements. L'institut a recueilli près de 200 millions de dollars de financement, environ la moitié provenant de partenaires du secteur privé (The Toronto Star, 2017; UofT News, 2017a). En mai 2017, le gouvernement du Québec a investi 100 millions de dollars en soutien à la grappe en intelligence artificielle de Montréal, qui exploite l'expertise acquise par l'Institut de valorisation des données (IVADO) (UdeM, 2017). Edmonton a aussi émergé comme un tout nouveau centre de recherche dans ce secteur avec la récente annonce par DeepMind (une entreprise en démarrage du domaine acquise par Google en 2014) de l'ouverture d'un bureau dans cette ville en raison de l'étendue de l'expertise universitaire régionale (Simons, 2017).

4.4.2 Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces

État actuel

La fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces est le troisième secteur en importance selon l'ampleur, l'intensité et la croissance des dépenses. En 2016, l'industrie a contribué pour près de 13 milliards de dollars au PIB, dont environ 9 milliards de dollars provenant de la fabrication et 3,9 milliards de la maintenance, de la réparation et de la révision. Entre 2011 et 2016, le PIB du domaine aérospatial a augmenté de 8 % (ISDE et AIAC, 2016), mais les investissements dans la R-D y ont chuté de 4,7 % entre 2014 et 2017 (StatCan, 2017c).

Selon l'Association des industries aérospatiales du Canada (AIAC), l'aérospatiale est le seul secteur autre que les ressources naturelles dans lequel le Canada possède un avantage concurrentiel manifeste sur les autres pays (AIAC, 2016). L'innovation technologique y est certainement un élément moteur de la croissance. En 2017, la fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces se classait au troisième rang des industries au chapitre des dépenses de R-D (1,51 milliard de dollars) (tableau 4.4). Environ les trois quarts des entreprises aérospatiales ont introduit des innovations ces dernières années (OCDE, 2015a; CSTI, 2015). Pourtant, l'intensité de la R-D y est à peine supérieure à 60 % de la moyenne du G7 (tableau 4.5).

L'avantage du secteur aérospatial canadien réside plutôt dans son personnel. La recherche dans le sous-domaine de l'aérospatiale et de l'aéronautique est concurrentielle par rapport au reste du monde, elle se classe au septième rang selon la MCR et au sixième rang en matière de réputation. Cependant, entre 2003 et 2008 et entre 2009 et 2014, le sous-domaine a enregistré une chute de 19 % de la production de publications. Néanmoins, en 2015, il comptait 89 000 emplois, dont 33 % dans des postes reliés à l'innovation, comme ingénieur, scientifique et technicien. Dans le sous-secteur des systèmes spatiaux, cette proportion est de près de 60 % (ISDE 2016).

Évolution et possibilités

L'industrie aérospatiale canadienne bénéficie d'un écosystème d'innovation mature qui comprend de grands instituts de recherche universitaires, des entreprises et des établissements à tous les niveaux de l'industrie et des réseaux d'aide à la collaboration et au partage de risques, comme le Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec (CRIAQ). Le CRIAQ a été fondé en 2002 avec l'aide du gouvernement du Québec pour accroître la compétitivité de l'industrie et améliorer les connaissances collectives par une meilleure éducation et une meilleure formation. En 2015, le CRIAQ avait réalisé ou lancé plus de 100 projets de recherche d'une valeur de plus

de 100 millions de dollars, auxquels avaient pris part 1 000 chercheurs et 900 étudiants (CRIAQ, 2015). En 2012, l'Examen de l'aérospatiale fédéral a recommandé, entre autres, que le gouvernement fédéral finance une « initiative pancanadienne pour faciliter la communication et la collaboration entre les entreprises aérospatiales, les chercheurs et les établissements d'enseignement supérieur » (Emerson *et al.*, 2012).

La réponse a été la mise sur pied du Consortium en aérospatiale pour la recherche et l'innovation au Canada (CARIC) en 2014. Suivant à certains égards le modèle du CRIAQ, le CARIC a accru l'étendue des occasions de collaboration et les réseaux au pays, dans le but de faciliter l'intégration de l'ensemble de la chaîne de valeur aérospatiale au Canada, y compris dans les domaines dans lesquels la recherche est peu dense et qui n'ont qu'une faible expérience de la recherche collaborative. Parmi ses premières réussites, on peut citer le fait que le CARIC est devenu le point de contact officiel de l'Union européenne pour le codéveloppement de projets de recherche internationale (CRIAQ, 2015; Prince *et al.*, 2016).

Cependant, comme d'autres industries, l'aérospatiale fait face à des pressions concurrentielles changeantes et à de nouveaux impératifs découlant des transformations politiques et démographiques et des avancées industrielles. Par exemple, la croissance et l'urbanisation de la population entraînent la hausse de la demande de voyages aériens, mais également de nouvelles exigences de protection de l'environnement et de réduction du bruit. La nécessité d'atténuer les changements climatiques met au défi l'industrie aérospatiale de trouver des moyens de réduire les émissions ou d'utiliser des sources de carburant renouvelables. Dans son livre blanc sur l'innovation, l'AIAC (2016) cite quatre principaux facteurs de changement : la numérisation de la fabrication (Industrie 4.0), les impératifs environnementaux, la consolidation des chaînes d'approvisionnement mondiales et les systèmes autonomes.

L'industrie aérospatiale demeure une source dynamique et concurrentielle de R-Di et d'innovation technologique au Canada. À titre de membres d'une industrie de haute technologie dotée d'un profil mondial, les entreprises, les chercheurs et les établissements de recherche peuvent continuer à tirer parti de la capacité de recherche de cette industrie en exploitant les nouvelles possibilités, par exemple en travaillant à des carburants et des systèmes de propulsions moins polluants et à la conception de systèmes autonomes pour le voyage aérien et spatial. Toutefois, si le Canada souhaite perpétuer sa tradition de succès dans cette industrie, il lui faudra bouleverser le statu quo dans le soutien institutionnel et dans les niveaux de financement. Selon l'opinion du comité d'experts, l'industrie a besoin de nouveaux modèles de partage des risques, qui tiennent mieux compte de la complexité des grands

projets pluriannuels présentant une incertitude sur le plan technologique, économique et géopolitique. Les PME canadiennes doivent aussi être mieux intégrées aux consortiums de R-D et aux marchés nationaux et internationaux. Enfin, l'industrie nécessite la formation et le recyclage continus de son PHQ.

4.4.3 Fabrication de produits pharmaceutiques

État actuel

Entre 2006 et 2015, les dépenses de R-D dans le domaine de la fabrication de produits pharmaceutiques ont baissé (–8,3 %), tandis que l'investissement s'est effectué à une intensité égale à environ la moitié de la moyenne du G7 (12,9 % contre 28,0 %) en 2011 (tableau 4.5). Cependant, entre 2014 et 2017, cette industrie a été une des rares à connaître une hausse de l'investissement dans la R-D. Par contre, cet investissement a baissé durant la même période pour la vente en gros de produits pharmaceutiques. L'industrie pharmaceutique canadienne prévoit investir plus de 800 millions de dollars annuellement entre 2014 et 2017, vente en gros comprise (StatCan, 2017c). Le niveau des dépenses des entreprises a notablement changé au cours des trois dernières décennies pour répondre à la réglementation et aux forces du marché. Entre 1988 et 2003, les dépenses de recherche sont passées d'environ 200 millions de dollars à près de 1,2 milliard après que l'industrie s'est engagée à consacrer 10 % de son chiffre d'affaires à la recherche au Canada en échange d'une législation favorable en matière de brevets (CAC, 2009). Après une période de relative stabilité, ses dépenses ont commencé à baisser en 2007, quand l'industrie est entrée dans une période de transformation. En particulier, en réaction à la baisse de la productivité des investissements dans la recherche, de la détérioration de la situation financière mondiale et de l'intensification des pressions des politiques de contrôle du prix des médicaments, les entreprises ont commencé à consolider leurs activités de recherche dans des centres situés à l'extérieur du Canada. La recherche thérapeutique, la découverte de médicaments et le développement clinique précoce se sont également tournés vers les réseaux collaboratifs faisant intervenir de nouveaux acteurs, comme les universités, les entreprises en démarrage et un nouveau modèle de sociétés de recherche contractuelle (Munos, 2015). Le PIB et les exportations ont également diminué entre 2009 et 2013, et l'industrie représentait seulement 0,2 % du PIB du Canada en 2013 (StatCan, 2018; OEC, s.d.).

Évolution et possibilités

Le récent modèle d'investissement public-privé au Canada vise à établir de nouveaux partenariats et à intégrer l'actuelle infrastructure de recherche auparavant détenue par les entreprises pharmaceutiques. Toutefois, il risque aujourd'hui d'être abandonné, car ces entreprises réduisent leurs activités au Canada (encadré 4.3). Les investissements ont aidé les chercheurs et les

établissements canadiens à retrouver leur place au sein des réseaux internationaux d'établissements de recherche, d'entreprises en démarrage et de sociétés de recherche contractuelle fournissant des services de recherche aux grosses sociétés pharmaceutiques. Combinés avec le financement des centres nationaux d'excellence et autres réseaux de recherche, les investissements ont aussi offert de nouvelles possibilités au PHQ du secteur biopharmaceutique et créé des incitatifs aux investissements continus dans la recherche motivée par la découverte effectuée par les universités et autres principaux établissements de recherche. Malgré le fait que ce modèle a connu un certain succès, le Canada semble de plus en plus effectuer de la R-D contractuelle et exporter ses brevets. Cependant, comme une partie de la R-D en biotechnologie peut être comprise dans les services de R-D scientifiques (section 4.3), il est difficile de se prononcer avec certitude. Néanmoins, la R-D pharmaceutique n'est pas un point fort pour le Canada.

Encadré 4.3
Bâtir une niche canadienne dans la R-D motivée par la découverte en précomercialisation des médicaments grâce aux investissements et aux partenariats

Les organisations partout au Canada contribuent à présent aux capacités largement reconnues du pays en matière de recherche et de développement en précommercialisation des médicaments. À Montréal, le Centre québécois de développement du médicament (CQDM), financé par le gouvernement du Québec, le gouvernement fédéral et les sociétés pharmaceutiques, a vu le jour en 2008 (CQDM, 2017a, 2017b). Le CQDM offre du financement et un « terrain neutre » pour la recherche préconcurrentielle sur les possibles « technologies et outils novateurs afin d'améliorer la productivité de la R-D biopharmaceutique et ainsi accélérer le processus de découverte et de développement de médicaments plus sûrs et plus efficaces ». En 2016, le Centre a financé 9 projets et 27 chercheurs de 12 établissements privés et publics (CQDM, 2016, 2017b).

Également à Montréal, l'Institut NÉOMED a vu le jour en 2012, sous la forme d'une coentreprise réunissant AstraZeneca, Pfizer, le gouvernement fédéral et le gouvernement du Québec. Au sein de l'Institut, les installations d'AstraZeneca servent de centre de découverte libre d'accès sur les médicaments pour la recherche sur les petites molécules et la transformation et la commercialisation des premiers produits (Institut NÉOMED, 2012). En 2015, un deuxième centre destiné à la recherche axée sur les essais cliniques sur la sérologie concernant les produits biologiques et les vaccins a été mis à disposition par GlaxoSmithKline. En collaboration avec cette

suite à la page suivante

entreprise et avec le gouvernement du Québec, l'Institut NÉOMED a créé NÉOMED LABS, un organisme voué aux essais cliniques dans ce centre et au maintien du PHQ et de l'expertise abandonnés par GlaxoSmithKline (Institut NÉOMED, 2015). Ces deux installations accueillent aujourd'hui 29 entreprises indépendantes comptant 300 employés. Depuis sa création, l'Institut a attiré plus de 90 millions de dollars de fonds privés et publics, dont 50 destinés à la R-D (Institut NÉOMED, 2017a, 2017b).

Hôtesse de la Pan-Provincial Vaccine Enterprise (PREVENT) et VIDO-InterVac, Saskatoon est devenue un grand centre de R-D sur les vaccins. PREVENT est un centre d'excellence pour la commercialisation de la recherche axée sur l'accélération du développement de vaccins visant les besoins de santé de la population par l'évaluation préclinique et aux premiers stades cliniques. VIDO-InterVac, un centre de recherche pour l'étude des maladies infectieuses nouvelles ou résurgentes, abrite désormais « certaines des installations de recherche sur les vaccins de niveau de confinement 2 et 3 les plus avancées au monde » [traduction libre] (VIDO-InterVac, 2017).

À Vancouver, le Centre for Drug Research and Development (CDRD) a prouvé son efficacité sur le plan de l'accélération de la mise au point de médicaments et de la transformation de la recherche canadienne en avancées thérapeutiques. Aidant à valider et à faire progresser des technologies innovantes, et à éliminer les risques, depuis sa fondation en 2007, le CDRD a participé à l'octroi de licences au secteur privé pour 14 technologies et à créer 7 entreprises dérivées (CDRD, 2017).

Collectivement, ces organisations, ainsi que d'autres comme Accel-Rx à Vancouver et MaRS Health à Toronto, ont aidé à maintenir la capacité de R-D du Canada dans des secteurs de niche de la R-D biopharmaceutique malgré une fuite générale de l'investissement et des activités (Accel-Rx, 2017; MaRS, 2017).

4.4.4 Extraction du pétrole et du gaz

État actuel

Avec l'expansion de la production dans les sables bitumineux de l'Alberta et à partir des plateformes extracôtières de l'Atlantique au début des années 2000, l'industrie pétrolière est devenue une source importante d'activité économique au Canada. En 2016, le Canada produisait approximativement 3,8 millions de barils de pétrole brut par jour, la majeure partie étant exportée vers les États-Unis. Les exportations de pétrole brut s'élevaient à 128 milliards de dollars en 2014 et constituaient près d'un tiers des exportations canadiennes en valeur (ACPP, 2017). En 2016, l'industrie représentait plus de 57 000 emplois directs au Canada (StatCan, 2017n). Si la production de pétrole brut canadien a baissé depuis 2014, les projections indiquent qu'elle augmentera d'environ 40 % d'ici

à 2030, pour s'élever à 5,4 millions de barils par jour (ACPP, 2017). De plus, bien que leur intensité ait été faible entre 2006 et 2013, les investissements en R-D dans l'industrie pétrolière et gazière ont augmenté d'environ 12 % par an, pour atteindre un sommet à 1,47 milliard de dollars en 2013. Mais d'après les intentions de dépenses annoncées par les entreprises du secteur, ils devraient diminuer d'environ 30 % par an entre 2014 et 2017, parallèlement au recul des prix du pétrole sur les cours mondiaux (StatCan, 2017c). Enfin, une enquête sur l'innovation révèle que les entreprises de cette industrie sont moins susceptibles de signaler l'introduction d'innovations : seulement 38 % d'entre elles ont affirmé l'avoir fait, contre une moyenne de 55 % dans l'économie en général (OCDE, 2015a).

Évolution et possibilités

L'industrie pétrolière et gazière fait face à de multiples pressions, notamment la récente baisse du prix des matières premières à l'échelle mondiale, l'augmentation des contraintes environnementales et la réglementation, qui la forcent à se tourner vers l'innovation pour améliorer radicalement sa productivité. Les avancées technologiques en matière d'énergie propre et de produits d'origine biologique pourraient mener à l'émergence de nouveaux substituts aux produits pétroliers. La transition vers les véhicules électriques ou à l'hydrogène, par exemple, pourrait influer sur la demande à long terme de sources d'énergie hydrocarbonées; cependant, on ne sait pas pour l'instant quand ces impacts se produiront et quelle sera leur ampleur (CAC, 2015b). En revanche, les progrès réalisés dans les TIC offrent des occasions d'élaborer de nouveaux et plus efficaces modèles d'affaires et procédés dans l'extraction minière et énergétique. De façon résumée, les analystes avertissent que l'industrie doit innover pour survivre (Swart et Granger, 2015; Swart et Otremba, 2016).

L'exploration pétrolière et gazière au Canada a une tradition de percées majeures en développement technologique lorsque la recherche collaborative est facilitée par les initiatives de financement ou de réglementation gouvernementales (AI-EES, 2014; COSIA, 2016; ERA, 2017). C'est ainsi notamment qu'est née la Canadian Oil Sands Innovation Alliance (COSIA) en 2013, un partenariat regroupant 13 entreprises et visant à « accélérer le rythme des améliorations du rendement environnemental dans les sables bitumineux du Canada par l'action collaborative et l'innovation » [traduction libre] (COSIA, 2016). La COSIA cherche à rapprocher le milieu académique, les gouvernements et l'industrie pour partager et développer conjointement des technologies réduisant l'impact environnemental de la production de sables bitumineux. En 2016, elle a rapporté que ses membres avaient partagé 936 technologies et innovations distinctes dont le développement avait coûté 1,33 milliard de dollars

(COSIA, 2016). La pression croissante pour une innovation transformationnelle pourrait engendrer une nouvelle période de recherche collaborative exploitant les initiatives passées et actuelles.

L'intensification des pressions environnementales a conduit à l'élaboration de politiques visant à appuyer le développement de technologies de réduction des émissions de gaz à effet de serre (CAC, 2015b). Le gouvernement de l'Alberta a fait voter en 2007 le *Specified Gas Emitters Regulation*, un règlement qui oblige les gros émetteurs à réduire leurs émissions, à acheter des crédits compensatoires ou à verser un montant dans un fonds de développement propre pour chaque tonne de dioxyde de carbone rejetée au-dessus d'un seuil. Des initiatives comme le Future Energy Systems Research Initiative (FESRI) de l'Université de l'Alberta et la Global Research Initiative in Sustainable Low Carbon Unconventional Resources de l'Université de Calgary soutiennent la recherche et l'innovation dans les technologies propres, notamment en ce qui concerne les sources d'énergie. Le lien avec la recherche sur les technologies propres pourrait mener à une collaboration accrue non seulement dans le secteur de l'extraction minière, pétrolière et gazière, mais dans tous les secteurs et toutes les disciplines, et aboutir ainsi à une meilleure intégration de la recherche sur les combustibles hydrocarbonés dans l'ensemble du milieu de la recherche sur les technologies propres et sur les énergies durables (CAC, 2015b).

Les incitations à l'innovation auxquelles sont soumises les entreprises d'extraction minière, pétrolière et gazière, combinées aux initiatives de financement qui insistent sur la recherche pour la réduction de l'impact environnemental de l'extraction non conventionnelle du pétrole et du gaz, offrent des possibilités aux chercheurs de multiples domaines. Si, à court terme, une vaste partie de cette recherche serait directement axée sur les défis de l'exploration pétrolière et gazière, il se pourrait que l'objectif à long terme de soutenir la transition vers les énergies propres au Canada provoque une réorientation de la focalisation de la recherche vers les technologies propres.

4.5 LIMITES DES DONNÉES

Les limites des données empêchent encore de formuler des conclusions définitives quant à l'investissement dans la recherche industrielle au Canada et à la capacité de cette dernière en ce qui concerne des éléments critiques. Bien que Statistique Canada a raffiné sa méthodologie de collecte des données sur la R-Di, les retards dans les données entravent toujours les comparaisons internationales sur des variables essentielles, comme l'intensité de la R-Di par industrie. Il reste encore difficile d'interpréter la nature de la R-D effectuée dans certaines industries, comme le commerce de gros et les services de R-D scientifiques, même si les données les plus récentes dévoilées par Statistique

Canada ont commencé à fournir un portrait granulaire de ces secteurs. Les dépenses industrielles de R-D déclarées sous-évaluent également l'ampleur de l'investissement industriel dans l'innovation au Canada, dont la majeure partie n'est pas restituée. Enfin, les brevets ne sont qu'un des nombreux extrants intéressants de la R-Di, et on manque par-dessus tout de données robustes et permettant de vastes comparaisons sur d'autres extrants et impacts. Il s'agit de vieux problèmes méthodologiques, dont certains sont examinés en détail en appendice B du rapport sur la R-Di 2013 du CAC. Les récents changements méthodologiques apportés par Statistique Canada ont amélioré ces données pour le Canada; cependant, en raison des limitations, il demeure plus difficile d'évaluer les points forts de la R-Di canadienne que les points forts de la recherche.

Les limites des données technométriques découlent en grande partie de la difficulté à les appliquer à l'ensemble des domaines de la R-D. Le brevetage, comme stratégie de gestion de la propriété intellectuelle, est limité de la même manière, car il n'est pas également pertinent dans toutes les industries. Les tendances en la matière peuvent aussi témoigner de pressions commerciales qui n'ont pas de rapport avec les travaux de R-D, comme les pratiques de brevetage défensives ou stratégiques. Enfin, les taxonomies utilisées pour évaluer les brevets ne sont pas harmonisées avec les taxonomies bibliométriques, bien qu'il soit possible d'établir des liens avec les publications de recherche par l'analyse des citations des brevets.

4.6 CONCLUSION

Le Canada n'est pas un chef de file mondial en R-Di, il se classe au 33e rang des grands pays selon un indice évaluant l'ampleur, l'intensité et la croissance des dépenses dans ce domaine. Bien que le Canada occupe la 11e position en ce qui concerne les dépenses, l'intensité de sa R-Di (0,9 %) n'est que la moitié de la moyenne de l'OCDE et les dépenses totales sont en baisse (–0,7 %). Comparé aux autres pays du G7, le portefeuille canadien d'investissements dans la R-D est plus concentré dans les industries intrinsèquement moins intensives en R-D que les autres. Bien que près de 50 % des dépenses de R-Di canadiennes s'effectuent dans les secteurs de haute et moyenne à haute technologie, c'est bien moins que la moyenne du G7 (80 %). L'intensité des DIRDE au Canada est aussi inférieure à la moyenne de l'OCDE dans ces secteurs, qui incluent les TIC, l'aérospatiale, la fabrication pharmaceutique et l'automobile. L'autre moitié des investissements de R-D canadiens se concentre dans les secteurs de basse ou moyenne à basse technologie (dont l'extraction de pétrole et de gaz et la machinerie et le matériel), une proportion sensiblement supérieure à la

moyenne du G7 (17 %), et selon une intensité bien plus forte dans certains cas. Ces dépenses reflètent la structure industrielle traditionnelle du Canada (axée en partie sur les ressources naturelles) et ses modèles d'activité économique.

Entre 2009 et 2013, on a assisté à une évolution vers la R-Di réalisée dans les grandes entreprises au Canada. Pourtant, les PME continuent à y conduire une plus large proportion de la R-Di qu'aux États-Unis. L'investissement par des entreprises étrangères au Canada a augmenté pour atteindre plus de 35 % de l'investissement total dans la R-D, les États-Unis en assurant plus de la moitié. Cette situation témoigne de la réorientation vers les multinationales qui accomplissent une partie de leurs activités de R-D à l'extérieur de leur pays d'origine, souvent au Canada, ce qui peut signifier que le Canada excelle dans le développement de spécialistes. La tendance peut aussi refléter le fait que si le pays ne produit qu'environ 1 % des brevets mondiaux, il est un exportateur net de brevets, le mouvement s'accélérant en génie électrique, en télécommunications et en communications numériques. Elle peut aussi révéler la force de certains secteurs technologiques canadiens ou l'incapacité de l'industrie canadienne d'exploiter complètement ces technologies en transformant les idées en grandes entreprises.

S'appuyant sur un indicateur composite fondé sur l'ampleur, l'intensité et la croissance, le comité d'experts a retenu quatre industries comme points forts de la R-D :

- Services de recherche et de développement scientifiques
- Conception de systèmes informatiques
- Fabrication de matériel de communication
- Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces

D'après des comparaisons avec les autres pays du G7, l'industrie canadienne des services de R-D scientifiques obtient de bons résultats à l'échelle mondiale. Le fait que ce secteur comprenne des entreprises précommerciales, dont certaines en biotechnologie et dans d'autres industries de haute technologie, est un indicateur de la capacité de la R-D du Canada issue de ses entreprises en démarrage prometteuses et de leurs chercheurs de talent. Les difficultés de certaines de ces entreprises à se développer proportionnellement sont aussi révélateur du problème qu'éprouve le pays à transformer l'innovation technologique en création de richesse.

Le Canada affiche un rendement mitigé dans les domaines des TIC et de la fabrication de produits aérospatiaux. Les dépenses canadiennes de R-D dans le premier sont relativement faibles, mais intenses, alors que dans le second, elles sont relativement élevées, mais moins intenses que dans les autres pays du

G7. Dans les deux industries, les dépenses faiblissent actuellement. L'industrie canadienne des TIC continue à s'adapter à un cadre dans lequel les principales entreprises comme BlackBerry jouent un moins grand rôle. La fabrication de produits aérospatiaux fait toujours face à une concurrence internationale féroce. De son côté, la fabrication de produits pharmaceutiques est à la traîne par rapport au reste du monde, alors que l'extraction du pétrole et du gaz se compare favorablement; cependant, les dépenses ont rebondi dans le premier domaine et baissé considérablement dans le second depuis 2014. La fabrication de produits pharmaceutiques a subi une importante réorganisation et une importante partie de l'activité économique a quitté le Canada. Enfin, l'industrie de l'extraction du pétrole et du gaz doit composer avec la chute des prix du pétrole, l'intensification des préoccupations environnementales et des pressions concurrentielles croissantes. En fin de compte, ces quatre secteurs sont actuellement malmenés par des difficultés commerciales et économiques et la position de nombreux anciens chefs de file de la R-D d'entreprise s'est fragilisée.

Dans un même temps, l'évolution de ces industries, au Canada comme dans le monde, met en lumière de nouvelles possibilités. Le Canada est bien positionné pour profiter du tout nouveau concept Industrie 4.0 et de la transition mondiale du matériel vers le logiciel. Dans ce contexte, la force du pays dans les services de TIC, comme le développement de logiciels, constitue un atout distinctif. Le secteur financier peut être en mesure de tirer profit des anciens points forts du Canada en recherche sur l'intelligence artificielle pour entretenir la croissance de l'industrie des FinTech à Toronto. L'industrie pétrolière et gazière peut prendre exemple des succès rencontrés par les précédents efforts de R-D collaborative pour la conception de nouvelles technologies visant à atténuer les impacts environnementaux. L'industrie aérospatiale peut exploiter nationalement les accords institutionnels qui ont solidifié la position de Montréal comme foyer d'une grappe concurrentielle à l'échelle mondiale. Enfin, malgré la baisse générale de la R-D dans le secteur biopharmaceutique, le Canada a établi des forces de niche dans des domaines clés de la R-D précommerciale. Par conséquent, ces industries constituent toujours un potentiel notable en R-Di pour le Canada, en dépit des défis auxquels elles font face et des récentes baisses dans les dépenses de R-D.

5

La R-D régionale au Canada

- Investissement par province et territoire
- Publications par province et territoire
- Brevets par province et territoire
- Grappes de R-D
- Conclusion

5 La R-D régionale au Canada

Principales constatations

Les modèles de dépenses de R-D sont extrêmement variables d'une province à l'autre.

- L'investissement dans la R-D en Ontario et au Québec est comparable à celui de nombreux pays avancés.
- La presque totalité de la baisse des dépenses canadiennes de R-D entre 2006 et 2015 s'est produite en Ontario et au Québec.
- Les dépenses de R-D augmentent plus lentement que le PIB dans la plupart des provinces. L'intensité de la R-D a diminué dans toutes les provinces sauf en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve-et-Labrador entre 2005 et 2014.

C'est en Ontario, au Québec, en Colombie-Britannique et en Alberta que les publications ont l'impact moyen et médian le plus fort au Canada. La recherche est cependant considérablement diverse d'une province à l'autre.

- Entre 2009 et 2014, les MCR se sont améliorées dans toutes les provinces et tous les territoires.
- Toutes les provinces produisent au moins deux fois plus de publications que ce à quoi on se serait attendu dans au moins 15 sous-domaines académiques.
- Les grandes provinces se spécialisent moins que les petites et le taux de collaboration internationale y est plus élevé.

Toutes les provinces, sauf l'Île-du-Prince-Édouard, sont des exportatrices nettes de brevets.

- Le flux sortant de brevets a augmenté dans toutes les provinces entre 2004 et 2013, sauf au Québec, où l'activité en TIC et en production pharmaceutique s'est réduite.
- La hausse du brevetage a coïncidé avec un accroissement de l'exportation des brevets. Cela peut témoigner de l'augmentation des investissements étrangers dans des industries à forte intensité de R-D et du fait que les brevets prennent ensuite la direction du pays investisseur.
- Les exportations de brevets soulignent la force de certaines industries technologiques canadiennes, mais elles traduisent aussi une incapacité à bien exploiter les nouvelles technologies par la transformation des idées en grandes entreprises.

suite à la page suivante

La R-D se concentre autour de cinq grandes villes : Toronto, Montréal, Vancouver, Ottawa et Calgary.

- Ces cinq villes produisent des brevets et créent des entreprises de haute technologie dans une proportion près de deux fois plus forte que les autres villes canadiennes. Elles comptent également la moitié des grappes du secteur des services et de nombreuses autres en fabrication avancée.
- Avec l'expansion exponentielle de la population urbaine, les villes devraient être à l'origine de l'innovation et de la création de richesse à un rythme croissant dans le futur.

De nombreuses grappes concernent les ressources naturelles et les secteurs traditionnellement points forts économiques et en recherche. Les solides relations unissant le milieu académique et l'industrie sont souvent associées aux grappes.

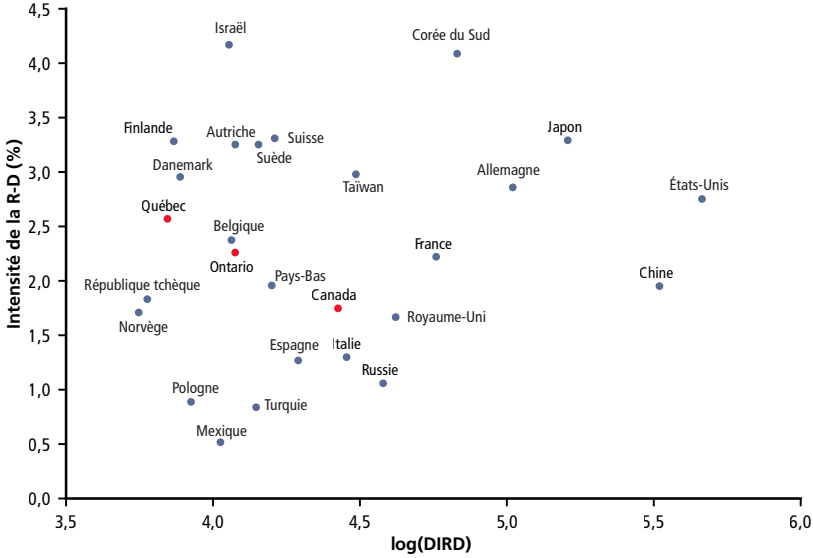
- Des grappes liées aux ressources naturelles ont vu le jour autour de l'emplacement de ces ressources, comme la foresterie en Colombie-Britannique, le pétrole et le gaz en Alberta, l'agriculture en Ontario, l'extraction minière au Québec et les ressources maritimes dans le Canada atlantique.
- C'est dans les industries de l'automobile, des plastiques et de l'acier qu'on retrouve le plus de grappes en raison de leurs succès économiques à Windsor, Hamilton et Oshawa.
- Les industries de fabrication avancée ont tendance à être plus concentrées, souvent à proximité d'universités de recherche spécialisées.

Le présent chapitre dresse un aperçu de la distribution régionale de la R-D au Canada. Pour cela, il étudie tout d'abord l'investissement dans la R-D, les publications et les brevets dans les provinces et les territoires canadiens, au moyen des récentes données issues, notamment, de Statistique Canada. Il s'appuie ensuite sur ces données probantes pour explorer les champs de spécialisation et les grappes de R-D provinciales.

5.1 INVESTISSEMENT PAR PROVINCE ET TERRITOIRE

L'investissement en R-D varie considérablement entre les économies avancées, selon leur taille, leurs forces en R-D et leur structure industrielle. Comme l'illustre la figure 5.1, le montant et l'intensité des dépenses de R-D de ces pays peuvent différer d'un ordre de grandeur et de plus du double, respectivement. Dans les faits, le Québec et l'Ontario rivalisent avec certaines grandes nations en matière de dépenses et d'intensité, elles se classaient dans les 25 premières selon ces deux critères entre 2011 et 2015. Le Québec investit plus en pourcentage

du PIB provincial que l'Ontario (2,6 % contre 2,3 %)[48], mais moins en valeur absolue (8,5 milliards de dollars contre 14,6 milliards). Cependant, les deux provinces se situent loin derrière les chefs de file mondiaux comme Israël, la Corée du Sud et le Japon en intensité de la R-D.



Source des données : OCDE, 2016a; StatCan, 2016d, 2017h

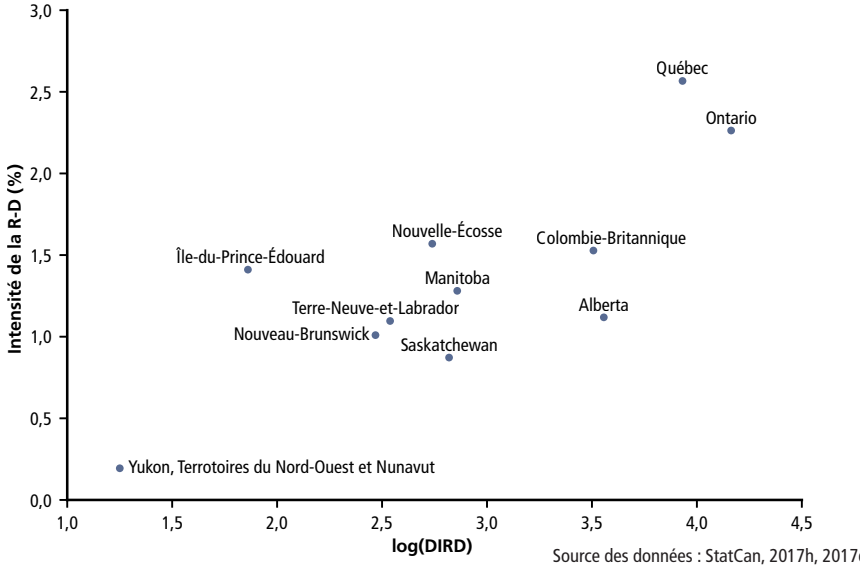
Figure 5.1

Intensité et dépenses de R-D internationale, 2011–2015

La figure représente l'intensité de la R-D (DIRD en pourcentage du PIB) en fonction des dépenses de cette même R-D (log des DIRD) pour les 25 premiers pays, ainsi que pour le Québec et l'Ontario entre 2011 et 2015. Les dépenses et l'intensité sont calculées selon la moyenne pour la période.

Les dépenses de R-D et l'intensité varient presque autant entre les provinces canadiennes qu'entre les 25 premiers pays illustrés à la figure 5.1. L'Ontario et le Québec représentent 71 % des dépenses canadiennes de R-D et investissent bien plus en R-D, à la fois par habitant et en fonction du PIB, que la moyenne canadienne (figure 5.2). Sur le plan de l'intensité, ces deux provinces investissent 55 % plus en R-D que la Nouvelle-Écosse et la Colombie-Britannique et près de trois fois plus que la Saskatchewan et le Nouveau-Brunswick. Si elle n'équivaut qu'à environ 80 % de la moyenne canadienne, l'intensité de la R-D en Nouvelle-Écosse et en Colombie-Britannique est bien plus élevée que dans les provinces qui reposent fortement sur les ressources naturelles, comme l'Alberta et Terre-Neuve-et-Labrador (tableau 5.1).

48 Ces deux chiffres sont proches de la moyenne de l'OCDE (2,4 %).



Source des données : StatCan, 2017h, 2017q

Figure 5.2

Intensité et dépenses de R-D par province et territoire canadien, 2011–2015

La figure représente l'intensité de la R-D (DIRD en pourcentage du PIB) en fonction des dépenses de cette même R-D (log des DIRD) pour les provinces et territoires canadiens entre 2011 et 2015. Les dépenses et l'intensité sont calculées selon la moyenne pour la période.

La presque totalité de la baisse des dépenses de R-D entre 2006 et 2015 s'est produite en Ontario et au Québec (tableau 5.1). Richards *et al.* (2017) attribuent une grande partie de la diminution en Ontario à la réduction des dépenses de R-D dans les industries de fabrication avancée, comme la fabrication automobile, informatique et électronique. La baisse a été causée par la perte de 30 % des entreprises manufacturières et de 40 % des dépenses d'immobilisations, et a été quelque peu compensée par l'augmentation des dépenses au sein des entreprises en démarrage et des entreprises de services de R-D en sciences de la vie, en TIC et dans les industries créatives. Durant cette même période, la part des dépenses effectuées par des entreprises contrôlées par des intérêts étrangers a augmenté en Ontario (Richards *et al.*, 2017). Une partie de la baisse au Québec peut être le résultat du recul des dépenses en fabrication de produits pharmaceutiques souligné au chapitre 4[49]. Si les dépenses de R-D ont augmenté en Colombie-Britannique et en Alberta entre 2006 et 2015, l'intensité de la R-D a chuté, ce qui signifie que la R-D croît plus lentement que le PIB. Par contraste, les dépenses et l'intensité ont augmenté dans les provinces de

49 Il faut toutefois se rappeler que les dépenses pharmaceutiques en R-D se sont rétablies depuis 2014 (voir le chapitre 4).

l'Atlantique (sauf au Nouveau-Brunswick). Enfin, la concentration de la R-D diminue légèrement dans les provinces (tableau 5.1). Ces tendances découlent, entre autres, de facteurs économiques, mais les données ne permettent pas une analyse détaillée à l'échelle provinciale.

Tableau 5.1

Investissement, intensité et croissance par province et territoire canadiens, 2006–2015

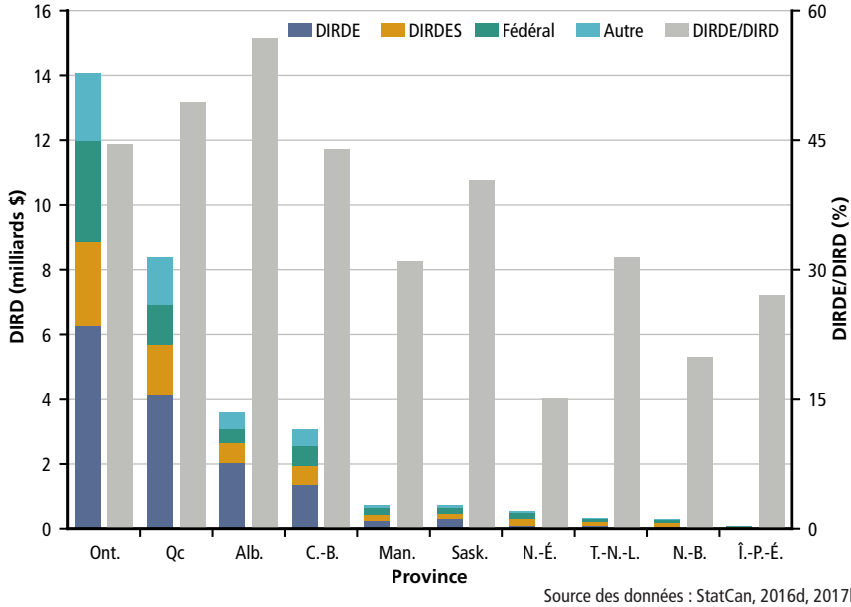
Province et territoire	2011–2015		2011–2015	2006–2015
	Ampleur (G$)	Part (%)	Intensité (%)	Croissance (%)
Terre-Neuve-et-Labrador	0,35	1,1	1,10	2,17
ïle-du-Prince-Édouard	0,07	0,2	1,41	–0,16
Nouvelle-Écosse	0,55	1,7	1,57	0,53
Nouveau-Brunswick	0,29	0,9	1,01	–0,56
Québec	8,54	26,2	2,57	–0,81
Ontario	14,56	44,7	2,26	–1,16
Manitoba	0,72	2,2	1,28	2,19
Saskatchewan	0,66	2,0	0,87	3,13
Alberta	3,60	11,1	1,12	1,55
Colombie-Britannique	3,21	9,9	1,53	2,36
Yukon, Territoires du Nord-Ouest et Nunavut	0,02	0,1	0,19	2,05
Canada	32,58		1,87	–0,26

Source des données : StatCan, 2017h, 2017q

Le tableau présente les dépenses provinciales totales de R-D (DIRD) entre 2006 et 2015 dans trois dimensions : ampleur (DIRD nominales moyennes pour 2011–2015), intensité (DIRD nominales moyennes/PIB moyen pour 2011–2015) et croissance (taux de croissance réel annuel composé pour 2006–2015). Les cellules en vert, jaune et bleu indiquent les trois premières provinces dans chaque dimension.

Bien que les principales sources d'investissement dans la R-D varient selon la province et le territoire, le comité d'experts relève certains faits concernant les DIRDE au Canada[50]. Partout sauf au Canada atlantique, les DIRDE constituent la principale origine de l'investissement dans la R-D (figure 5.3). Cependant, il n'y a qu'en Alberta que les DIRDE sont supérieures à l'investissement public (c.-à-d. à l'investissement des établissements d'enseignement supérieur et du gouvernement). En 2013, 57 % de l'investissement en R-D dans cette province provenait du secteur des affaires, soit une proportion similaire à la moyenne de l'OCDE (60 %).

50 Noter que le reste de l'analyse repose sur les données de 2013.



Source des données : StatCan, 2016d, 2017h

Figure 5.3

Source d'investissement dans la R-D et part de l'investissement des entreprises par province, 2013

La figure représente les DIRD par secteur de recherche (colonnes empilées) et les DIRDE en proportion des DIRD (colonnes grises et axe de droite).

Le reste du Canada compte plus sur le secteur public que sur le secteur privé pour investir dans la R-D. Au Canada atlantique, les DIRDE représentent moins de 30 % des investissements totaux. Les plus grosses sources d'investissement sont soit les établissements d'enseignement supérieur (Nouveau-Brunswick, Terre-Neuve-et-Labrador et Nouvelle-Écosse) soit le gouvernement fédéral (Île-du-Prince-Édouard). En 2013, les investissements en R-D dans ces provinces combinés étaient inférieurs à l'investissement étranger en Ontario seul. De même, l'investissement par les gouvernements provinciaux et les organisations pour la recherche et la technologie est concentré en Ontario et au Québec, bien que de notables investissements soient effectués en Colombie-Britannique et Alberta. Globalement, les gouvernements provinciaux et territoriaux soutiennent environ 6 % de la R-D au Canada (StatCan, 2017h).

Le nombre de personnes participant à la R-D (chercheurs, techniciens et personnel de soutien) en pourcentage de la population totale d'une province ou d'un territoire témoigne en grande partie du niveau d'investissement dans la recherche. Selon une moyenne pour 2005–2013, le Québec comptait le plus grand nombre de chercheurs en fonction de la population (1,76 pour

1 000 habitants), suivi de l'Ontario (1,61), de la Colombie-Britannique (1,11) et de l'Alberta (0,97). Toutefois, entre 2005 et 2013, le rapport personnel de R-D–population a baissé dans toutes les régions sauf en Saskatchewan, où il a augmenté de 24 % (StatCan, 2013, 2016a).

5.2 PUBLICATIONS PAR PROVINCE ET TERRITOIRE

La plupart des publications canadiennes sont produites en Ontario, au Québec, en Colombie-Britannique et en Alberta. Entre 2009 et 2014, l'Ontario en a produit près de la moitié (46 %). Ensemble, ces quatre provinces représentaient 96 % de la production de publications au Canada, soit légèrement plus que leur part collective de l'investissement dans la R-D (91 %) et de leur population (86 %). Elles affichaient également les taux de croissance du nombre de publications de recherche parmi les plus élevés durant la période (tableau 5.2).

Les quatre provinces comptant le plus de publications avaient également l'impact moyen et médian le plus fort. Entre 2009 et 2014, la Colombie-Britannique affichait la MCR la plus élevée (1,69), suivie de l'Ontario (1,54), du Québec (1,51) et de l'Alberta (1.46). Les autres provinces et territoires présentaient une MCR et une MeCR inférieures à la moyenne canadienne. Pourtant, chaque province a réalisé des travaux fréquemment cités dans au moins sept sous-domaines académiques, et on retrouve des niches de forces uniques en recherche dans les universités, les laboratoires et les entreprises partout au pays (d'autres données bibliométriques sur les établissements sont fournies dans les tableaux A.6, A.7 et A.8 en appendice). La totalité des provinces et des territoires ont accru leur production de publications et leur impact entre 2003–2008 et 2009–2014. De plus, ils avaient tous un impact supérieur à la moyenne ou à la médiane mondiale entre 2009 et 2014 (c.-à-d. une MCR et une MeCR > 1,0). Durant la période, la croissance de la production de publications a été la plus rapide à Terre-Neuve-et-Labrador, en Colombie-Britannique et en Alberta.

5.2.1 Spécialisation

Il y a une diversité considérable dans la recherche canadienne, toutes les provinces et tous les territoires se spécialisant dans certains domaines de la R-D. Chacun d'eux produit au moins deux fois plus de publications que ce à quoi on s'attendrait d'après la moyenne mondiale dans au moins 15 sous-domaines (IS > 2) et dans chacun, la production de recherche présente des caractéristiques distinctives. Le tableau 5.3 met en évidence certains sous-domaines de recherche dans lesquels le Canada se démarque. La dernière colonne indique les points forts (c.-à-d. IS > 2,0 ou MCR > 2,0) correspondant aux cinq domaines de recherche points forts du Canada (voir le chapitre 3).

Tableau 5.2

MCR, MeCR et publications par province et territoire canadiens, 2003–2014

Province ou territoire	MCR			MeCR		Publications (comptes entiers)			Publications par 1000 habitants	
	2009–2014	2003–2008	Croissance (%)	2009–2014	2003–2008	2009–2014	2003–2008	Croissance (%)	2009–2014	2003–2008
Colombie-Britannique	1,69	1,59	6,3	1,75	1,73	74 162	55 030	34,8	16,0	12,7
Ontario	1,54	1,46	5,5	1,57	1,64	226 470	170 341	33,0	16,5	13,2
Québec	1,51	1,39	8,6	1,60	1,57	110 433	84 228	31,1	13,4	10,9
Alberta	1,46	1,35	8,1	1,50	1,50	65 037	48 425	34,3	15,8	13,5
Nouvelle-Écosse	1,37	1,22	12,3	1,50	1,40	18 119	14 673	23,5	19,2	15,7
Saskatchewan	1,36	1,19	14,3	1,50	1,44	17 321	12 957	33,7	15,4	12,7
Yukon	1,36	1,12	21,4	1,31	1,50	226	172	31,4	6,1	5,2
Manitoba	1,34	1,22	9,8	1,40	1,38	16 659	12 475	33,5	13,0	10,4
Nunavut	1,32	0,90	46,7	1,67	1,19	154	125	23,2	4,3	3,9
Terre-Neuve-et-Labrador	1,26	1,22	3,3	1,40	1,33	6 814	4 825	41,2	12,9	9,4
Teeritoires du Nord-Ouest	1,25	1,07	16,8	1,50	1,29	274	224	22,3	6,2	5,2
Nouveau-Brunswick	1,10	1,02	7,8	1,14	1,14	7 213	6 185	16,6	9,6	8,3
Île-du-Prince-Édouard	1,08	1,06	1,9	1,25	1,26	1 338	1 179	13,5	9,2	8,5
Canada	1,43	1,36	5,1	1,50	1,50	496 696	377 779	31,5	14,0	11,4
Monde	1,00	1,00		1,00	1,00	12 935 138	9 006 984		1,8	1,3

Source des données : calculs du comité d'experts et de Science-Metrix à l'aide de la base de données Scopus (Elsevier)

Le tableau présente la MCR, la MeCR et les publications (totales et par 1 000 habitants). Les provinces et territoires sont classés par ordre de MCR pour 2009–2014. Pour 2003–2008 et 2009–2014, les publications par habitant correspondent à la population en 2008 et 2014, respectivement.

Tableau 5.3

Principaux sous-domaines de recherche par région du Canada, 2003–2014

Province	IS > 2,0		MCR > 2,0		IS > 2,0 MCR > 2,0	Points forts de la recherche
	Total	5 premiers	Total	5 premiers		
Colombie-Britannique	29	• Foresterie • Théâtre et dramaturgie • Pêcheries • Géographie • Ornithologie	18	• Médecine générale et interne • S-T, général • Génie minier et métallurgie • Physique des particules et nucléaire • Astronomie et astrophysique	• Génie logiciel	• Arts visuels et arts de la scène • Psychologie et sciences cognitives • Médecine clinique
Alberta	17	• Géologie • Physiologie • Sport, récréation et tourisme • Médecine sportive • Informatique médicale	9	• Médecine générale et interne • Physique des particules et nucléaire • Anatomie et morphologie • Génie minier et métallurgie • Physique générale	• Foresterie	• Médecine clinique • Santé publique et soins de santé
Prairies	55	• Ornithologie • Sciences vétérinaires • Agronomie et agriculture • Économie et politique de l'agriculture • Physiologie	18	• Médecine générale et interne • Physique des particules et nucléaire • Chirurgie • Allergologie • Génie électrique	• Allergologie • Criminologie	• Médecine clinique

suite à la page suivante

Province	IS > 2,0		MCR > 2,0		IS > 2,0 MCR > 2,0	Points forts de la recherche
	Total	5 premiers	Total	5 premiers		
Ontario	20	• Théâtre et dramaturgie • Réadaptation • Études de genre • Criminologie • Psychologie expérimentale	11	• Médecine générale et interne • Physique des particules et nucléaire • Gastro-entérologie et hépatologie • Système respiratoire • Dermatologie		• Arts visuels et arts de la scène • Psychologie et sciences cognitives • Médecine clinique • Santé publique et soins de santé • Philosophie et théologie
Québec	15	• Foresterie • Économétrie • Relations industrielles • Psychologie du développement • Psychologie expérimentale	10	• Médecine générale et interne • Anatomie • Physique générale • Musique • Physique des particules et nucléaire		• Arts visuels et arts de la scène • Psychologie et sciences cognitives • Médecine clinique • Philosophie et théologie
Canada atlantique	127	• Sciences vétérinaires • Pêcheries • Océanographie • Horticulture • Histoire	18	• Médecine générale et interne • Dermatologie • Science des aliments • Pratique et gestion du design • Génie mécanique	• Sciences animales et laitières • Science des aliments • Anesthésiologie • Mathématiques • Génétique et hérédité	• Médecine clinique

Source des données : analyse du comité d'experts à partir des données de Science-Metrix, à l'aide de la base de données Scopus (Elsevier)

Le tableau présente le nombre de domaines par région dans lesquels l'IS et la MCR sont supérieurs à 2,0. Il dresse aussi la liste des cinq premiers domaines par indice et par région. La dernière colonne indique la convergence entre les points forts de la recherche régionale et nationale.

Les provinces et territoires les plus peuplés ont tendance à se spécialiser moins que ceux où la population est plus faible (figures E.1 et E.2 en appendice). À mesure qu'une province ou qu'un territoire croit en population, son profil de recherche se diversifie et ressemble graduellement au profil mondial (tableau 5.3). Les quatre provinces les plus peuplées possèdent toutes un profil diversifié, et chacune présentent des forces dans des sous-domaines rattachés à au moins deux des cinq domaines points forts de la recherche nationale. L'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta produisent également des publications dans les sous-domaines liés à la recherche mondiale de pointe, de l'astronomie à la médecine, en passant par les TIC. En revanche, les provinces plus petites des Prairies et du Canada atlantique sont extrêmement spécialisées, souvent dans des champs touchant les ressources naturelles, comme l'agriculture, les pêcheries et l'extraction minière. En raison de leur taille, les provinces et territoires moins peuplés présentent une distribution des publications plus variable entre les domaines que les provinces plus grandes (c.-à-d. une base de recherche moins étendue) et donc, une plus grande spécialisation. Cela peut expliquer pourquoi sept des neuf sous-domaines pour lesquels l'IS et la MCR sont supérieurs à 2,0 se trouvent dans les Prairies et au Canada atlantique.

5.2.2 Collaboration

Comme il est noté au chapitre 3, entre 2003 et 2014, la proportion de publications avec des coauteurs internationaux était d'environ 44 %. Par contre, la part des publications canadiennes avec des coauteurs canadiens (deux provinces ou territoires et plus) était d'environ 20 %[51]. Le taux de collaboration interprovinciale est supérieur au taux de collaboration internationale seulement à l'Île-du-Prince-Édouard et dans les territoires. Le comité d'experts remarque que bien que la plupart des provinces et territoires affichent des taux de collaboration internationale similaires (entre 33 et 48 %), le taux de collaboration interprovinciale varie grandement (de 15 à 87 %) (tableau 5.4).

La Colombie-Britannique affiche le plus haut taux de collaboration internationale; entre 2003 et 2014, 48 % des publications y ont été produites avec un collaborateur international. Elle est suivie du Québec, de l'Ontario et de l'Alberta (tableau 5.4). À l'autre extrémité du spectre, ce sont les territoires et le Canada atlantique qui présentent le taux de collaboration internationale le plus faible, avec un taux moyen d'environ 35 % et 40 %, respectivement. Comme la Colombie-Britannique,

51 Les taux de collaboration interprovinciale sont calculés en comptes entiers, pas en comptes fractionnaires. Par exemple, une publication dont les auteurs proviendraient de quatre provinces serait comptabilisée comme une publication pour le Canada et une pour chacune des provinces. Le taux de collaboration interprovinciale pour l'ensemble du Canada serait donc de 1 sur 874 475 (le compte total de publications au Canada entre 2003 et 2014) et il serait pour l'Ontario (par exemple) de 1 sur 396 811 (le compte total pour l'Ontario). Par conséquent, le taux de collaboration interprovinciale serait inférieur pour le Canada par rapport à l'Ontario.

Tableau 5.4

Taux de collaboration interprovinciale et internationale par province et territoire, 2003–2014

Province ou territoire	Taux de collaboration	
	Interprovinciale (%)	Internationale (%)
Colombie-Britannique	23,0	48,2
Québec	16,9	43,8
Ontario	14,8	43,4
Alberta	24,5	42,5
Saskatchewan	33,9	41,7
Nouvelle-Écosse	34,7	40,9
Île-du-Prince-Édouard	46,7	40,6
Manitoba	33,5	39,7
Yukon	79,4	39,0
Terre-Neuve-et-Labrador	33,6	38,7
Nouveau-Brunswick	35,7	38,0
Nunavut	85,7	34,5
Terrotoires du Nord-Ouest	86,9	32,5
Canada	9,9	43,7

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

Le tableau présente les taux de collaboration interprovinciale et internationale par province et territoire.

le Québec, l'Ontario et l'Alberta produisent un grand volume de publications fréquemment citées (tableau 5.2), leurs idées de recherche occupent une vaste proportion de la recherche mondiale de pointe.

Entre 2003 et 2014, c'est l'Ontario et le Québec qui ont enregistré les plus faibles taux de collaboration interprovinciale (15 % et 17 %, respectivement), suivis de la Colombie-Britannique (23 %) et de l'Alberta (24 %). Par contraste, les territoires et le Canada atlantique affichent des forts taux de collaboration interprovinciale, peut-être en raison de leur plus faible nombre d'établissements de recherche. Dans ces deux régions, cette situation mène à des réseaux qui s'étendent sur plusieurs provinces voisines.

Dans l'ensemble des provinces et des territoires, les taux de collaboration internationale et interprovinciale présentés au tableau 5.4 sont très négativement corrélés. La raison est peut-être que ces deux types de collaboration se substituent l'une à l'autre : plus l'une est forte, plus l'autre est faible. Peut-être ce phénomène

est-il aussi dû au fait que les chercheurs ont (en moyenne) seulement le temps de collaborer à l'échelle internationale ou nationale ou qu'ils doivent se battre dans une arène mondiale des idées où seuls les meilleurs collaborent internationalement. Ce constat peut témoigner de la force de la recherche provinciale, de la réputation de la recherche et de la taille de la population (c.-à-d. les provinces plus peuplées produisent proportionnellement plus de recherche que les provinces et territoires moins peuplés). Comme le souligne *L'examen du soutien fédéral aux sciences*, le manque de collaboration interprovinciale peut avoir un effet négatif sur la compétitivité de la recherche canadienne en donnant « l'impression qu'un pays relativement petit est encore plus petit » (Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale, 2017). Par contre, un taux élevé de collaboration internationale est un puissant indicateur de la compétitivité de cette recherche. Il laisse supposer que les idées canadiennes sont bien cotées dans le bassin mondial de la recherche.

5.3 BREVETS PAR PROVINCE ET TERRITOIRE

L'Ontario, le Québec, la Colombie-Britannique et l'Alberta représentent 95 % des brevets canadiens accordés par le USPTO, et en 2003-2014, près de 60 % d'entre eux ont été produits en Ontario (tableau 5.5). Ces quatre provinces possèdent des brevets spécialisés qui ont un impact, comme l'illustre le tableau 5.6. Entre 2003 et 2014, c'est à Terre-Neuve-et-Labrador que le nombre de brevets a le plus augmenté — il a plus que doublé —, suivie de l'Île-du-Prince-Édouard, de l'Ontario et du Nouveau-Brunswick.

À l'exception du Québec, toutes les provinces et tous les territoires ont déposé plus de brevets en 2009–2014 qu'en 2003–2008. Le recul du brevetage au Québec est probablement lié à une baisse de l'investissement dans la R-D en TIC, mais il découle aussi d'autres facteurs. Comme l'illustre la figure 5.4, entre 2003 et 2014, le nombre de brevets a plus que doublé en Ontario et a baissé de près de 30 % au Québec. Cet écart est principalement dû aux brevets en télécommunications, qui ont connu une croissance rapide en Ontario (BlackBerry), alors qu'ils baissaient au Québec (Nortel).

Tableau 5.5

Production de brevets et croissance par province et territoire, 2003–2014

Province ou territoire	Nbre de brevets (2009–2014)	Part (2009–2014) (%)	Flux international de brevets (2009–2014)	Taux de croissance (2003–2014)
Ontario	13 844	59,9	–0,24	1,86
Québec	4 116	17,8	–0,16	0,84
Colombie-Britannique	2 231	9,7	–0,41	1,19
Alberta	1 852	8,0	–0,24	1,29
Manitoba	389	1,7	–0,07	1,43
Saskatchewan	292	1,3	–0,33	1,44
Nouveau-Brunswick	155	0,7	–0,31	1,82
Nouvelle-Écosse	149	0,6	–0,16	1,21
Terre-Neuve-et-Labrador	49	0,2	–0,36	2,15
Île-du-Prince-Édouard	16	0,1	0,08	1,87
Yukon	3	0,0	–0,10	0,26
Territoires du Nord-Ouest	2	0,0	–0,18	–

Source des données : calculs de Science-Metrix à l'aide de la base de données du USPTO

Le tableau présente le nombre de brevet (en comptes fractionnaires), la part, le flux et la croissance des brevets par province et territoire. Le brevetage est fortement concentré en Ontario.

À l'exception de l'Île-du-Prince-Édouard, toutes les provinces canadiennes sont des exportatrices de brevets. Cette situation peut avoir deux causes. Premièrement, l'investissement dans la R-D par des entreprises sous contrôle étranger au Canada a augmenté pour atteindre plus de 35 % de l'investissement total (StatCan, 2017d), l'Ontario en étant le plus grand bénéficiaire (McKinsey et Company, 2016). Il est probable que certains des brevets accordés prendront ensuite la direction du pays investisseur. Deuxièmement, les entreprises et les inventeurs canadiens produisent des technologies efficaces qui sont recherchées à l'échelle mondiale. Les exportations technologiques peuvent être un indicateur de la force des industries technologiques canadiennes. Cependant, elles peuvent également traduire l'incapacité de l'industrie canadienne à tirer pleinement parti des nouvelles technologies par la transformation d'idées en grandes entreprises.

Tableau 5.6

Brevets dans les premières provinces canadiennes, 2009–2014

Province	MCR > 1,0 IS > 1,0	
Colombie-Britannique	• Produits pharmaceutiques • Machines, appareils et énergie électriques • Technologie médicale • Mesure • Moteurs, pompes et turbines • Biotechnologie	• Chimie organique fine • Génie chimique • Contrôle • Éléments mécaniques • Technologie environnementale • Matériaux et métallurgie
Alberta	• Génie civil • Mesure • Chimie des matériaux • Produits pharmaceutiques	• Manutention • Biotechnologie • Procédés et appareils thermiques • Matériaux et métallurgie
Ontario	• Informatique • Communications numériques • Télécommunications • Procédés de communication élémentaires	• Manutention • Contrôle • Procédés et appareils thermiques
Québec	• Moteurs, pompes et turbines • Communications numériques • Télécommunications • Machines-outils • Éléments mécaniques	• Chimie organique fine • Autres biens de consommation • Matériaux et métallurgie • Technologie environnementale

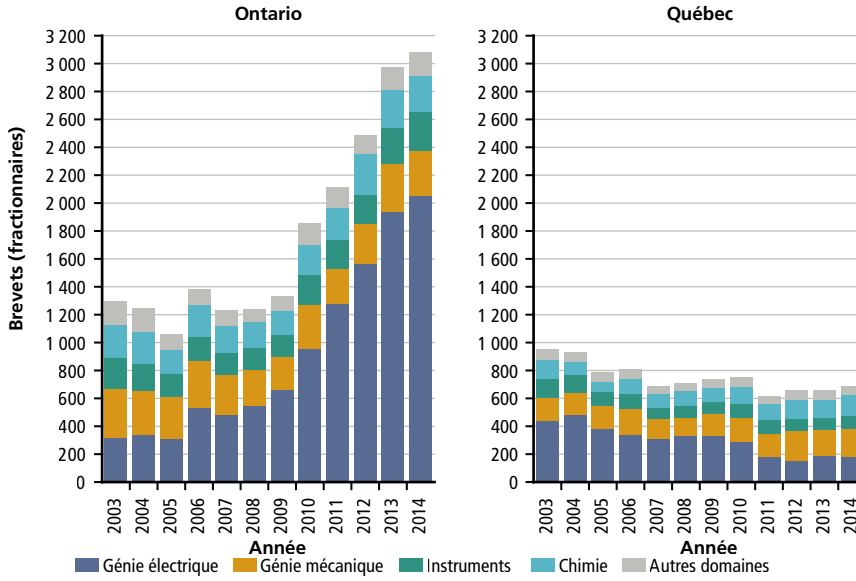
Source des données : calculs de Science-Metrix à l'aide de la base de données du USPTO

Le tableau présente les domaines techniques des premières provinces dans lesquels les brevets sont plus spécialisés et ont plus d'impact que la moyenne mondiale.

5.4 GRAPPES DE R-D

L'emplacement est primordial. Depuis la révolution industrielle, les gens se déplacent vers les villes à un rythme exponentiel (Diamond, 1997; West, 2017). Plus de 80 % de la population du Canada vit aujourd'hui en ville, contre une faible partie il y a seulement 150 ans (StatCan, 2011). Plus de la moitié de la population mondiale est urbanisée, et cette proportion devrait passer aux deux tiers d'ici à 2050 (ONU, 2014).

Les données démontrent bien que la R-D et l'activité économique sont *proportionnelles* à la taille de la ville (Bettencourt *et al.*, 2007). Lorsque la population d'une ville double, « les salaires, la richesse et l'innovation augmentent d'environ



Source des données : calculs de Science-Metrix à l'aide de la base de données de l'USPTO

Figure 5.4

Brevets en Ontario et au Québec, 2003–2014

La figure représente les brevets en Ontario et au Québec dans cinq secteurs techniques entre 2003 et 2014. La croissance et le déclin en génie électrique (barres bleu foncé) en Ontario et au Québec, respectivement, découlent du brevetage dans le sous-domaine des télécommunications et des communications numériques. Ce sous-domaine était dominé par BlackBerry (Ontario) et Nortel (Québec).

15 % par habitant » [traduction libre] (West, 2017). Il s'agit d'une des propriétés des villes qui ont contribué à l'écart de niveau de vie entre les habitants des zones urbaines et rurales au Canada et partout dans le monde (Beckstead *et al.*, 2010; OCDE, 2016a) (encadré 5.1). L'urbanisation et le développement font en sorte que si les populations urbaines croissent exponentiellement, les villes seront à la base de l'innovation et de la création de richesse à un *taux croissant* dans le futur (West, 2017).

Les villes sont le meilleur exemple du processus plus général de formation de grappes : une forte concentration géographique de recherche, de technologie et d'activité économique. Si toutes les grandes villes abritent des grappes, de nombreuses grappes sont situées dans des villes et des collectivités plus petites, et aux alentours[52]. Ces grappes sont souvent plus étroitement liées aux ressources

52 Les villes et collectivités de petite taille ne semblent pas suivre la loi de la proportionnalité (West, 2017).

naturelles et aux forces économiques et de la recherche traditionnelles. Qu'elles se forment à l'échelle de villes ou de régions, les grappes sont associées à l'innovation et à la croissance économique rapides (Delgado *et al.*, 2014).

Encadré 5.1
La science des villes

La R-D est étroitement liée à la taille de la ville : plus une ville est peuplée, plus les probabilités sont grande que ses habitants travaillent en R-D, déposent un brevet ou créent une entreprise technologique. Plus précisément, Bettencourt *et al.* (2007) constatent que les indicateurs de R-D, comme l'emploi dans ce domaine, les nouveaux brevets et les établissements de R-D, tendent à évoluer de façon superlinéaire. Au lieu d'augmenter proportionnellement (un pour un) avec la population, ils suivent un rythme non linéaire supérieur. Ils obéissent à une loi d'échelle dont l'exposant est d'environ 1,15 au lieu de 1,00. C'est-à-dire que si une ville doublait de population, le nombre d'emplois en R-D, de brevets et d'entreprises par habitant, par exemple, augmenterait systématiquement d'environ 15 %. À mesure qu'une ville grossit, ses indicateurs affichent une croissance plus qu'exponentielle et « montrent explicitement que les villes sont plus que la somme linéaire de leurs éléments » [traduction libre] (Bettencourt *et al.*, 2010). Il s'agit d'une propriété remarquable des villes (West, 2017).

Les villes offrent deux gros avantages aux entreprises : du personnel qualifié et des réseaux denses (Glaeser, 2010; Behrens *et al.*, 2014). Les populations denses permettent aux gens de spécialiser leurs compétences et d'établir des liens avec les autres personnes du monde de la recherche, de la technologie et des affaires. Les entreprises s'implantent généralement dans les villes pour profiter de la main-d'œuvre qualifiée, des retombées des connaissances et de l'infrastructure et des fournisseurs spécialisés (CAC, 2013b). Les entreprises urbaines sont plus innovantes en raison de leur emplacement, les villes agissant comme « des matrices géantes de recombinaison des ressources pour générer des innovations » [traduction libre] (Veltz, 2004). Les travailleurs des grandes villes ont tendance à être plus productifs que les travailleurs des villes plus petites (Glaeser et Resseger, 2010), à gagner de meilleurs salaires et à avoir accès à plus de technologies et de services (Glaeser, 2011; Moretti, 2012). Ces avantages attirent encore plus de travailleurs qualifiés vers les villes, provoquant ainsi une amélioration des réseaux et de la technologie. Ces villes font partie de l'« économie cognitivo-culturelle » [traduction libre] (Scott, 2008) et connaissent souvent une croissance démographique et économique rapide (Davis et Dingel, 2017; Giannone, 2017).

En général, il est difficile de déterminer les grappes en raison de leur complexité. Une grappe est un « groupe géographiquement proche d'entreprises liées et d'établissements associés relevant d'un domaine donné, entre lesquels existent des éléments communs et des complémentarités » [traduction libre] (Porter, 1998). Les grappes ont tendance à naître de façon spontanée, généralement par regroupement des activités de la recherche, de la technologie et des entreprises, lorsque l'interaction entre des travailleurs hautement qualifiés et des entreprises spécialisées produisent des retombées de connaissances (Krugman, 1991; Moretti, 2012). La définition des grappes se heurte donc à la difficulté d'établir des liens statistiques entre des activités non linéaires. De simples mesures des extrants (p. ex. brevets, emplois et PIB) ne permettent pas de bien rendre compte de la réalité non linéaire sous-jacente.

Les travaux de détermination des grappes se concentrent principalement sur les États-Unis (Porter *et al.*, 2001). Pourtant, comme Wolfe et Gertler (2004) le font remarquer « les contextes nationaux et locaux sont cruciaux pour établir des trajectoires évolutionnaires distinctives qui ne respectent pas nécessairement les normes sur les grappes établies par Porter à partir du cas des États-Unis » [traduction libre]. À partir de cette observation, Spencer *et al.* (2010) ont élaboré une méthodologie qui repose sur des modèles géographiques de colocalisation des emplois dans les industries. S'appuyant sur les résultats de l'Enquête nationale auprès des ménages de 2011 et sur cette méthodologie, Spencer (2014) a relevé au Canada 230 grappes de 21 types distincts. Les deux sous-sections qui suivent utilisent les renseignements trouvés dans cet article.

5.4.1 Villes canadiennes

Si les cinq plus grandes villes du Canada regroupent environ 2,5 fois la population des dix villes les plus peuplées suivantes, elles produisent environ 4,2 fois plus d'innovations (mesurées par le nombre de brevets et d'entreprises en démarrage). Ceci est dû au fait que les résidents de Toronto, Montréal, Vancouver, Ottawa et Calgary déposent des brevets et créent des entreprises de haute technologie dans une proportion près de deux fois plus forte que les autres grandes villes. La figure 5.5 illustre la forte relation positive entre la taille de la population et le nombre d'innovations dans 15 villes canadiennes.

Comme le relève le tableau 5.7, les cinq plus grandes villes canadiennes abritent 44 grappes uniques. Ceci inclut la moitié de toutes les grappes de services au Canada (services aux entreprises, TIC, finance, création et enseignement supérieur) et de nombreuses autres dans le domaine de l'aérospatiale, de l'automobile, de la fabrication des TIC, des sciences de la vie et de l'extraction du pétrole et du gaz. Le rythme de l'innovation et les types de grappes portent à croire que la R-D est concentrée à Toronto, Montréal, Vancouver, Ottawa et Calgary. Ces villes sont les principaux moteurs de l'innovation au Canada.

Tableau 5.7

Dépenses de R-D et innovation dans les 15 plus grandes villes canadiennes, 2011

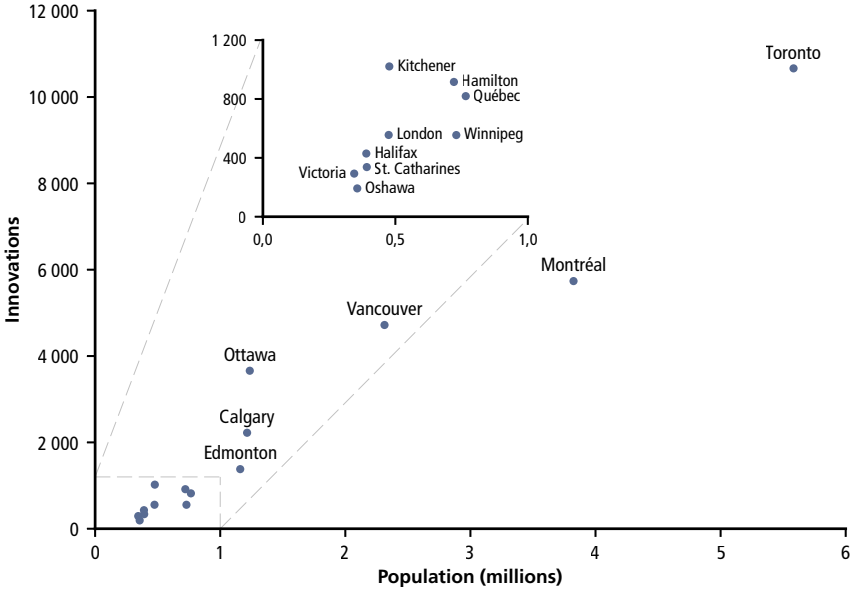
Ville	Population (M)	Dépenses de R-D par habitant ($)	Taux de brevetage	Taux d'entreprises en démarrage	Taux d'innovation	Nbre d'innovations	Grosses grappes (> 100 k)	Grappes (< 100 k)
Toronto	5,6	2 222	6,0	13,1	19,1	10 700	• Services aux entreprises • Finance • Logistique • Services de TIC • Services créatifs • Enseignement supérieur	• Alimentation • Plasturgie • Automobile • Fabrication des TIC • Sciences de la vie • Textiles
Montréal	3,8	2 208	4,6	10,4	15,0	5 700	• Services aux entreprises • Finance • Services de TIC • Logistique	• Services créatifs • Alimentation • Sciences de la vie • Fabrication des TIC • Aérospatiale • Textiles
Vancouver	2,3	1 510	9,2	11,2	20,4	4 700	• Services aux entreprises	• Finance • Construction • Logistique • Services de TIC • Services créatifs • Enseignement supérieur • Alimentation • Activités marines • Sciences de la vie

suite à la page suivante

Ville	Population (M)	Dépenses de R-D par habitant ($)	Taux de brevetage	Taux d'entreprises en démarrage	Taux d'innovation	Nbre d'innovations	Grosses grappes (> 100 k)	Grappes (< 100 k)
Ottawa	1,2	4 286	16,8	12,8	29,6	3 700		• Services aux entreprises • Services de TIC • Enseignement supérieur • Fabrication des TIC
Calgary	1,2	2 071	5,5	12,8	18,3	2 200	• Services aux entreprises	• Construction • Pétrole et gaz • Logistique • Services de TIC • Extraction minière • Acier • Fabrication des TIC
Moyenne des 5 plus grandes villes	2,8	2 460	8,5	12,0	20,5	5 400		
Moyennes des 6–15 villes suivantes	0,6	1 332	4,5	6,5	11,0	6 500		

Source des données : Spencer, 2014

Le taux d'innovation correspond à la somme des taux de brevetage et d'entreprises en démarrage, ces trois indicateurs étant donnés pour 10 000 habitants. Le nombre d'innovations et les dépenses de R-D sont indiqués en fonction de la population. Les grosses grappes sont celles regroupant plus de 100 000 emplois.



Source des données : Spencer (2014) et calculs du comité d'experts

Figure 5.5

Innovation et population dans les 15 plus grandes villes du Canada, 2011

La figure représente le nombre d'innovations (brevets et entreprises en démarrage) par rapport à la population pour les 15 plus grandes villes du Canada. Elle démontre une relation fortement positive.

5.4.2 Régions canadiennes

Si la R-D canadienne se fédère de plus en plus en grappes dans les villes, elle demeure à 80 % relativement diversifiée. Toutes les provinces possèdent au moins une grappe unique, bien qu'environ 90 % des grappes se trouvent en Ontario (86), en Colombie-Britannique (43), au Québec (42) et en Alberta (30). Les Prairies et le Canada atlantique comptent moins de 30 grappes (Spencer, 2014).

Il existe des grappes relevant des ressources naturelles (74 sur les 230) dans toutes les provinces, sauf à l'Île-du-Prince-Édouard. Entre 2001 et 2011, les grappes qui ont connu la croissance la plus rapide appartenaient au secteur de l'extraction pétrolière et gazière. Cependant, avec l'effondrement des prix du pétrole, il est probable que la situation ait changé (Spencer, 2014). Comme l'illustre le tableau 5.8, les grappes naissent généralement à proximité de l'emplacement des ressources naturelles, comme la foresterie en Colombie-Britannique, l'extraction de pétrole et de gaz en Alberta, l'agriculture en Ontario, l'extraction minière au Québec et les ressources maritimes au Canada atlantique. Dans certains cas, le voisinage d'universités et d'entreprises de ressources favorise un lien étroit entre la recherche et le succès commercial, comme c'est le cas entre l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) et Rio Tinto Alcan

Tableau 5.8

Sommaire des grappes par région, 2011

Province	Grappes	Ressources	Fabrication	Services	Domaine (nombre de grappes)
Ontario	86	16	56	14	• Agriculture (9), foresterie (1), activités marines (1), extraction minière (4), pétrole et gaz (1) • Automobile (16), sciences de la vie (3), alimentation (6), fabrication des TIC (6), logistique (6), construction (1), plastique (7), acier (9), textile (2) • Services aux entreprises (3), création et culture (1), finance (3), enseignement supérieur (5), services de TIC (2)
Colombie-Britannique	43	20	15	8	• Agriculture (2), foresterie (11), activités maritimes (4), extraction minière (2), pétrole et gaz (1) • Construction (11), alimentation (2), sciences de la vie (1), logistique (1) • Services aux entreprises (2), création et culture (1), finance (1), enseignement supérieur (3), services de TIC (1)
Québec	42	12	26	4	• Agriculture (5), foresterie (4), extraction minière (3) • Aérospatiale (1), aluminium (3), automobile (3), sciences de la vie (2), alimentation (4), fabrication des TIC (2), logistique (1), plastique (6), acier (3), textile (1) • Services aux entreprises (1), création et culture (1), finance (1), services de TIC (1)
Alberta	30	13	14	3	• Agriculture (1), extraction minière (2), pétrole et gaz (10) • Construction (9), alimentation (1), fabrication des TIC (1), logistique (1), acier (2) • Services aux entreprises (1), enseignement supérieur (1), services de TIC (1)
Canada atlantique	18	7	3	8	• Foresterie (2), activités marines (3), extraction minière (2) • Alimentation (2), logistique (1) • Services aux entreprises (3), enseignement supérieur (3), services de TIC (2)
Prairies	11	6	4	1	• Agriculture (2), extraction minière (3), pétrole et gaz (1) • Aérospatiale (1), sciences de la vie (1), construction (1), textile (1) • Enseignement supérieur (1)
Total	230	74	118	38	

Source des données : Spencer, 2014

Le tableau présente le nombre de grappes par province, secteur et industrie.

(aluminerie au Saguenay). Ceci est démontré par la forte spécialisation et le fort impact en géochimie et en géophysique (IS = 4,8, MCR = 2,1), en physique appliquée (IS = 4,3, MCR = 2,0) et en géologie (IS = 17,2, MCR = 1,2). Plusieurs programmes, comme les subventions de professeurs-chercheurs industriels (CRSNG, 2017b) et le Pavillon Rio Tinto Alcan – laboratoire CURAL (Centre de recherche sur l'aluminium, 2017), et un apport constant de diplômés en génie de l'UQAC, ont permis de bâtir de solides relations entre le milieu académique et l'industrie avec le temps.

Plus de la moitié (118 sur 230) des grappes canadiennes appartiennent à la fabrication et la plupart sont situées en Ontario et au Québec (Spencer, 2014). Ce sont les industries de l'automobile, du plastique et de l'acier qui comptent le plus de grappes. En Ontario seulement, 16 grappes uniques appartiennent au domaine automobile, 9 au secteur de l'acier et 7 à celui du plastique, en raison du succès économique de ces industries dans des villes comme Windsor, Hamilton et Oshawa. D'autres secteurs de la fabrication avancée, tels que l'aérospatiale, les sciences de la vie et les TIC, sont généralement plus concentrés, souvent près de gosses universités de recherche. Comme il est noté à la section 5.4.1, les cinq plus grosses villes du Canada accueillent la moitié des grappes de services, les grappes restantes étant distribuées dans tout le pays, en général à proximité de villes telles que Victoria, Winnipeg, Waterloo, Fredericton et St. John's. La section qui suit étudie la manière dont la grappe automobile dépend de la R-D pour maintenir sa compétitivité mondiale.

La R-D automobile dans le sud de l'Ontario

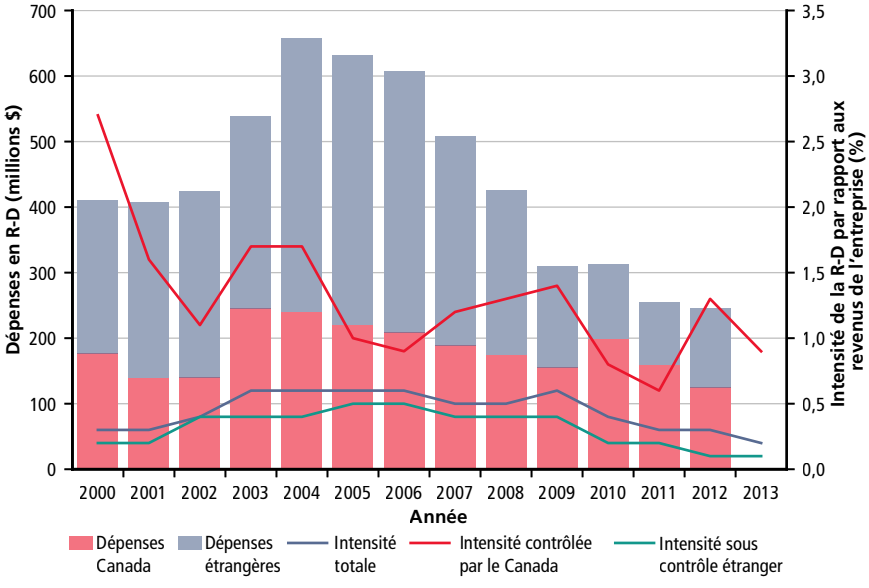
L'industrie automobile est à la fois la plus grosse industrie manufacturière et la plus grande industrie exportatrice au Canada. En 2016, elle a contribué pour 18,8 milliards de dollars au PIB, ce qui représente environ 11 % du PIB global du secteur manufacturier canadien, et produit 59,4 milliards de dollars d'exportations, soit environ 15 % du total canadien (StatCan, 2018; OEC, s.d.). Avec près de 90 % de l'activité concentrée dans le sud de l'Ontario, cette industrie, qui s'étend de la production de matériaux à l'assemblage de véhicules, en passant par la fabrication de pièces, est essentielle à l'économie de la province. À l'échelle planétaire, l'industrie automobile affiche une forte intensité de R-D, l'OCDE la classant dans le groupe industriel d'intensité de la R-D moyenne-élevée en vertu d'une intensité moyenne de plus de 15 % de la valeur ajoutée brute (Galindo-Rueda et Verger, 2016). Pourtant, ce n'est pas le cas au Canada. L'industrie automobile nationale se classe parmi les industries dont l'intensité de la R-D est la plus faible, avec des investissements équivalant à seulement 12 % de la moyenne de l'OCDE et à moins de 6 % de ceux du chef de file mondial, le Japon. Plus précisément, en 2011, le Canada occupait le 26e rang des 29 pays au chapitre de l'intensité de la R-D en construction de véhicules automobiles, de remorques et de semi-remorques (OCDE, 2017a). En général, cette incohérence apparente — une faible intensité de la R-D et de fortes exportations — est la conséquence du contrôle étranger de la R-Di canadienne.

L'Ontario abrite 11 usines d'assemblage de cinq des plus grands constructeurs automobiles au monde : General Motors, Ford, Chrysler, Honda et Toyota. Globalement, en 2014, ces cinq fabricants d'équipement d'origine (FEO) ont produit près de 2,4 millions de véhicules, soit approximativement 2,7 % de l'approvisionnement mondial. Les trois premiers — les *trois grands* — représentent plus des deux tiers de la production de véhicules. La chaîne de valeur automobile canadienne comprend également près de 400 établissements fournisseurs de pièces principalement automobiles (qui produisent en premier lieu pour les FEO) et de nombreux établissements fournisseurs de pièces diverses (pour lesquels les FEO ne sont pas les clients principaux) (Sweeney et Mordue, 2017). Les fournisseurs de pièces incluent de nombreuses PME à l'extrémité inférieure de la chaîne de valeur. Ils sont eux aussi fortement concentrés dans le sud de l'Ontario, qui accueille plus de 300 fabricants de pièces automobiles, dont ABC Group, Woodbridge Group, Linamar et Magna International (le plus gros fabricant en Amérique du Nord) (Sweeney et Mordue, 2017).

Lorsque la crise financière de 2008–2009 s'est amorcée, l'industrie a entrepris une restructuration fondamentale qui a entraîné la fermeture de trois usines de FEO et de plusieurs usines de fournisseurs de pièces, conduisant ainsi à une baisse temporaire de l'emploi et de la production de véhicules (Sweeney et Mordue, 2017). Le rétablissement fut non seulement marqué par des difficultés économiques et par une hausse de la concurrence, mais aussi par l'émergence de nouveaux défis complexes en matière d'innovation dus au fait que cette dernière ne s'effectuait désormais plus dans une seule entreprise, généralement un FEO, mais au sein d'un vaste réseau d'entreprises le long de la chaîne d'approvisionnement. Cette transformation fut causée par la dépendance accrue de la R-D automobile à la « connaissance combinatoire », qui combine des connaissances autrefois discrètes, plutôt qu'à la « connaissance cumulative », qui repose sur la somme de connaissances existantes (Goracinova *et al.*, 2017). La constitution de la connaissance combinatoire exige des réseaux et des partenariats plus intégrés parmi les divers acteurs de la chaîne d'approvisionnement, dont les FEO, les fournisseurs de pièces, les universités, les centres de recherche et les entreprises en démarrage. Ces réseaux d'innovation peuvent être soutenus par l'harmonisation des politiques automobiles qui répond au besoin de « nouvelles formes de gouvernance collaborative ou en réseau pour promouvoir un développement et une diffusion technologiques plus efficaces au sein de la chaîne d'approvisionnement » [traduction libre] (Goracinova *et al.*, 2017).

Globalement, la R-D dans l'industrie automobile canadienne est en déclin. Dans le domaine de la fabrication de véhicules automobiles et des pièces, elle a atteint 657 millions de dollars en 2004, mais a chuté depuis et devrait totaliser à peine 211 millions de dollars en 2017, soit à peu près la valeur qu'elle avait à la fin des années 1990. Entre 2000 et 2012, l'investissement en R-D sous contrôle étranger (dont environ la moitié provient des États-Unis) a reculé comparativement à l'investissement canadien : si le second a baissé de 2,9 %, le premier a enregistré une chute de 5,3 %. En 2001, près des deux tiers de

la R-D automobile au Canada étaient contrôlés par des intérêts étrangers; en 2012, c'était moins de la moitié (figure 5.6). De même, bien que l'intensité de la R-D sous contrôle canadien a chuté de 2,7 % à 1,3 % entre 2000 et 2012, elle demeure bien supérieure à l'intensité de la R-D sous contrôle étranger (0,3 %) et à l'intensité globale de la R-D dans l'industrie automobile canadienne (0,4 %, mesurée en proportion des revenus) (figure 5.6). Étant données les tendances en matière de dépenses, cela signifie que les entreprises automobiles étrangères génèrent bien plus de revenus que les entreprises canadiennes. La piètre performance de la R-D automobile canadienne est donc principalement due au fait que les entreprises étrangères dépensent moins depuis 2004 et investissent à une faible intensité.



Source des données : StatCan, 2017a, 2017d

Figure 5.6

Dépenses et intensité de la R-D dans l'automobile au Canada, 2000–2013

La figure représente les dépenses de R-D et l'intensité dans l'industrie automobile canadienne par pays de contrôle. Les chiffres sur le pays de contrôle des dépenses ne sont disponibles que jusqu'à 2012.

5.5 CONCLUSION

L'Ontario occupe la tête en ce qui concerne l'investissement en R-D et le rendement de cette dernière. La province représente près de la moitié des investissements dans la R-D et du personnel, des publications et des collaborations de recherche, ainsi que des brevets. La R-D en Ontario produit des publications de grande qualité dans les cinq points forts du Canada, ce qui témoigne à la fois de la quantité et de la qualité des universités de la province. Le Québec est

devancé par l'Ontario au chapitre de l'investissement total, des publications et des brevets, mais obtient en fonction de certains critères de bons résultats (citations), voire de meilleurs résultats (intensité de la R-D). Tout comme en Ontario, les chercheurs québécois produisent des publications ayant un impact dans la plupart des points forts en R-D du Canada.

Bien qu'elle investisse un montant similaire à l'Alberta, la Colombie-Britannique le fait selon une intensité bien supérieure. La Colombie-Britannique produit également plus de publications fréquemment citées et de brevets et participe à davantage de collaborations de recherche internationales. La R-D en Colombie-Britannique et en Alberta se concentre autour de Vancouver, dans les domaines de la physique et des TIC, et de Calgary, dans les domaines de la médecine clinique et de l'énergie, respectivement. Les Prairies et le Canada atlantique (et à un degré moindre, les territoires) abritent des communautés de R-D plus petites, mais dynamiques dans le secteur des ressources naturelles.

À l'échelle mondiale, en raison de l'accroissement exponentiel des populations urbaines, les villes sont de plus en plus susceptibles d'être à l'origine de l'innovation et de la création de richesse, et à une cadence de plus en plus élevée. Au Canada, la R-D se concentre autour des cinq grandes villes : Toronto, Montréal, Vancouver, Ottawa et Calgary. Ces cinq villes déposent des brevets et créent des entreprises de haute technologie dans une proportion près de deux fois plus grande que les autres villes canadiennes. Elles regroupent également la moitié des grappes du secteur des services et de nombreuses en fabrication avancée.

De nombreuses grappes concernent les ressources naturelles et les domaines traditionnels de force économique et en recherche. Des grappes de ressources naturelles ont vu le jour autour de l'emplacement des ressources, comme la foresterie en Colombie-Britannique, l'extraction de pétrole et de gaz en Alberta, l'agriculture in Ontario, l'extraction minière au Québec et les ressources maritimes au Canada atlantique. Ce sont les industries de l'automobile, du plastique et de l'acier qui comptent le plus de grappes en raison de leur succès économique dans des villes comme Windsor, Hamilton et Oshawa. La fabrication avancée est généralement plus concentrée, souvent près de gosses universités de recherche spécialisées. Les solides relations entre le milieu académique et l'industrie sont souvent associées à ces grappes.

La R-D est distribuée dans tout le pays, selon un modèle variable entre les régions et à l'intérieur de celles-ci. Il est toutefois essentiel de ne pas tirer de fausses conclusions de cette information. La distribution ne révèle pas l'existence d'un problème à corriger, elle souligne plutôt les avantages des systèmes diversifiés d'innovation, les différences entre les provinces n'étant qu'une question de besoins et de ressources accessibles.

6

Obstacles à la traduction de la R-D en innovation et en création de richesse

- Comprendre les liens entre R-D, innovation et création de richesse
- Obstacles à la traduction de la R-D en innovation technologique
- Obstacles à la traduction de l'innovation technologique en création de richesse
- Conclusion

6 Obstacles à la traduction de la R-D en innovation et en création de richesse

Principales constatations

Si quelques obstacles gênent la traduction de la R-D en innovation technologique au Canada, d'importantes barrières empêchent de transformer l'innovation technologique en création de richesse.

- Les enquêtes montrent que les entreprises canadiennes sont extrêmement innovantes, surtout les PME.
- Les relations de R-D entre le milieu académique et les entreprises semblent fortes comparativement à d'autres pays, si l'on se fie à l'ampleur du financement de la recherche intersectorielle et du nombre croissant de partenariats de recherche.
- Si les universités canadiennes affichent de plus faibles taux d'obtention de licence technologique que les établissements américains, les données comparables à l'échelle internationale sur la commercialisation de la recherche sont rares et souvent peu concluantes.

À l'international, le Canada est fortement concurrentiel sur le plan de la fourniture d'un environnement propice aux entrepreneurs et aux entreprises technologiques.

- Les contextes macroéconomique et social sont stables et attractifs, le soutien fiscal à la R-D est comparativement généreux pour les petites entreprises (bien qu'il soit désormais moins concurrentiel pour les grandes), les obstacles à la création d'entreprise sont faibles et l'ambition entrepreneuriale est répandue. De nombreuses villes canadiennes accueillent aujourd'hui des communautés florissantes d'entreprises technologiques en démarrage.
- La disponibilité du capital de risque s'est grandement améliorée ces dernières années. Le Canada se classe actuellement troisième au classement mondial de l'investissement de capital du risque proportionnellement au PIB.

La structure industrielle du Canada et son intégration économique dans les chaînes d'approvisionnement nord-américaines contribuent à un taux d'investissement dans la R-Di comparativement faible.

- La R-D est moins cruciale pour la stratégie des entreprises canadiennes. Elle est plus concentrée dans les industries intrinsèquement moins technologiques, comme l'extraction minière et le commerce de gros.
- Dans plusieurs industries de haute technologie, la relative faiblesse de la R-Di découle de la maigreur des investissements des États-Unis dans les activités canadiennes dans des industries comme l'automobile et la fabrication de produits pharmaceutiques.

suite à la page suivante

Au Canada, seule une poignée d'entreprises sous propriété canadienne à forte intensité de R-D croissent et le pays manque de compétences industrielles essentielles pour l'exploitation commerciale des avancées en R-D.

- Les entreprises technologiques en démarrage canadiennes fructueuses ont souvent du mal à se développer proportionnellement tant sur le plan national qu'international.
- De nombreux entrepreneurs prévoient vendre leur entreprise plutôt que la faire croître dans le petit marché canadien, ce qui limite les bénéfices économiques subséquents.
- Les données d'enquêtes récentes citent le manque de compétences en gestion comme une entrave à la croissance des entreprises en démarrage.

L'insuffisance des investissements des entreprises dans la R-D et ses conséquences sur l'innovation sont une source de préoccupation constante au Canada. Les investissements sont comparativement faibles depuis des décennies et ont encore baissé ces dernières années. Un comité sénatorial sur la politique scientifique notait déjà en 1970 que les gouvernements canadiens successifs tentaient — sans succès — de promouvoir l'innovation technologique dans l'industrie depuis 1916 (Comité spécial du Sénat sur la politique scientifique, 1970). Les reculs et les inquiétudes perdurent. En raison de l'enracinement de la faiblesse des dépenses de R-D des entreprises canadiennes, on a récemment avancé que ce phénomène constituait une caractéristique profonde et structurelle de l'intégration économique du Canada dans l'économie nord-américaine (CAC, 2013c; Nicholson, 2016). De plus, le taux de croissance de la productivité canadienne est constamment à la traîne de celui des États-Unis depuis le milieu des années 1980, ce qui accroît l'écart de productivité. La situation a été attribuée à une croissance plus faible de la PMF, qui est généralement interprétée comme un indicateur de mauvais rendement en innovation (StatCan, 2007; Baldwin et Gu, 2009; Bibbee, 2012).

La faiblesse de la R-D dans les entreprises canadiennes, cependant, est troublante pour plusieurs raisons. Tout d'abord, comme ce rapport et les rapports antérieurs le documentent, la capacité scientifique et la production de la recherche canadienne sont de grande qualité et concurrentielles face aux autres grands pays (CAC, 2012a, 2013c, 2016). Ensuite, les conditions générales au Canada sont extrêmement favorables à la prise de risque et à l'innovation des entreprises. Le Canada bénéficie d'un environnement macroéconomique stable, d'une économie relativement ouverte, d'une population hautement qualifiée et éduquée, d'un faible taux d'imposition des entreprises, de barrières négligeables à l'entrée d'entreprises et d'un marché de la main-d'œuvre flexible (Bibbee, 2012). Les chercheurs et les décideurs ont donc de la difficulté à déterminer les causes

des mauvais résultats du Canada, ils soupçonnent souvent que des obstacles empêchent le Canada d'exploiter pleinement ses points forts en recherche et d'atteindre un niveau élevé d'innovation.

Dans le présent chapitre, le comité d'experts étudie les données probantes sur les obstacles à la traduction des points forts de la recherche canadienne en innovation et en création de richesse, afin de répondre à la dernière sous-question de son mandat. La section 6.1 se penche sur la relation entre la R-D et l'innovation et sur les étapes du processus auxquelles ces obstacles peuvent se dresser. Les entraves diffèrent selon qu'elles concernent la difficulté à traduire la R-D en innovation technologique (étudié à la section 6.2) ou à traduire l'innovation technologique en création de richesse (étudié à la section 6.3). La section 6.4 synthétise les données probantes et contient les principales conclusions du comité d'experts.

6.1 COMPRENDRE LES LIENS ENTRE R-D, INNOVATION ET CRÉATION DE RICHESSE

La R-D et l'innovation sont deux activités distinctes, bien que liées. Le tableau 6.1 propose un résumé et une comparaison des deux termes. L'innovation — la mise en œuvre d'un nouveau produit ou procédé ou d'une nouvelle méthode organisationnelle ou de commercialisation — est courante dans les entreprises canadiennes, près des deux tiers d'entre elles indiquant avoir introduit une forme quelconque d'innovation sur une période de trois ans (StatCan, 2014a). En revanche, l'investissement dans la R-D est rare. Seulement environ 2 % des entreprises canadiennes effectuent de la R-D (StatCan, 2015). Pourtant, la R-D est un intrant essentiel de l'innovation technologique (c.-à-d. le développement de nouvelles technologies formant les bases de nouveaux produits ou procédés)[53].

Les innovations peuvent être *radicales*, comme dans le cas d'un progrès technologique sortant des sentiers battus et perturbateur, ou *graduelles*, comme dans le cas d'une amélioration progressive de produits ou de procédés existants. L'examen de l'innovation livré dans ce chapitre se concentre principalement sur l'innovation dans les entreprises et s'appuie sur les données disponibles, mais le concept ne doit pas être restreint au secteur privé (encadré 6.1). L'innovation est également influencée par de nombreux facteurs externes non liés à la R-D, comme le contexte macroéconomique, les régimes fiscal et

53 La R-D est parfois classée comme un type d'innovation, les autres étant l'investissement dans les immobilisations et la formation. Les intrants de l'innovation ne correspondant pas à la R-D sont généralement mal mesurés, ce qui est une des raisons pour lesquelles les deux concepts sont souvent confondus. Un examen à jour des défis de la mesure de l'innovation et des concepts connexes se trouve dans NASEM (2017).

réglementaire, la disponibilité du financement, les compétences et les talents à divers niveaux du développement et l'existence d'un réseau d'entreprises de soutien ou de réseaux et de partenariats de recherche (CAC, 2013b). Le rendement de l'innovation nationale est fonction de ces éléments, une lacune dans l'un d'eux peut nuire à l'ampleur de l'activité d'innovation.

Tableau 6.1
Comparaison de la R-D et de l'innovation

R-D	Innovation
• Comprend toutes les activités réalisées pour produire de nouvelles connaissances ou susciter des progrès technologiques. • Englobe l'ensemble des disciplines de recherche, des sciences naturelles et appliquées aux sciences humaines et aux arts. • Comprend aussi toutes les activités de recherche, de la recherche pure et fondamentale à la R-D appliquée. • Réalisée dans tous les secteurs (milieu académique, gouvernement, industrie, et OSBL), bien que la recherche fondamentale soit plutôt concentrée dans le milieu académique, alors que le développement expérimental est plus l'affaire du secteur privé. • Peut être effectuée à l'interne ou à forfait dans d'autres entreprises ou organismes de recherche (au Canada ou ailleurs). • Profite à la société de nombreuses façons — dont l'une est l'accroissement du potentiel d'innovation technologique.	• Consiste en la mise en œuvre d'un produit ou d'un procédé nouveau ou amélioré, ou d'une méthode de commercialisation ou organisationnelle améliorée. • Parfois *liée* à la R-D et aux progrès technologiques (c.-à-d. au développement ou à l'adoption de nouvelles technologies issues de la R-D). • Parfois *non liée* à la R-D (p. ex. découlant de changements à la stratégie de commercialisation ou à l'organisation de l'entreprise). • Généralement associée aux entreprises, mais peut se produire dans les OSBL et dans le secteur public. • Peut être développée à l'interne ou adoptée à partir de produits ou de procédés élaborés ailleurs. • Apporte des bénéfices économiques en augmentant la productivité à l'échelle de l'entreprise et dans l'ensemble de l'économie. • Moteur central de la compétitivité et de la croissance économique nationale à long terme.

La grande quantité de commentaires sur le rôle de la R-D et de l'innovation dans le soutien à la croissance économique donne l'impression que la relation entre les deux est simple et directe. Les premiers promoteurs de la science au 20e siècle, comme Vannevar Bush, adhéraient à un modèle linéaire reliant la recherche et l'innovation, en vertu duquel les avancées en R-D mènent directement à de nouvelles technologies, ce qui accroît la productivité et crée la prospérité économique (Bush, 1945; Stokes, 1997). La plupart des chercheurs en sont depuis venus à la conclusion que les liens sont plus complexes. La R-D et l'innovation sont reconnues comme des phénomènes sociaux multidimensionnels qui comportent une foule de boucles de rétroaction dans de multiples directions (CAC, 2013b). Les récents modèles de systèmes d'innovation mettent aussi en

Encadré 6.1
Définition et mesure de l'innovation sociale

L'innovation n'est pas seulement l'apanage du secteur privé. Les OSBL et le secteur public innovent également, ce qui peut améliorer leur efficience et leur efficacité au passage. L'intérêt dans le concept d'*innovation sociale* (et dans les termes connexes, comme *entrepreneuriat social* et *entreprise sociale*) s'est accru depuis le début du 21e siècle dans le monde en général et au Canada en particulier (Phills *et al.*, 2008; Goldenberg *et al.*, 2009; PRI, 2010; Nicholls et Murdock, 2012; EDSC, 2017). La première édition du *Stanford Social Innovation Review* définissait l'*innovation sociale* comme « le processus consistant à inventer des solutions nouvelles aux besoins et aux problèmes sociaux et à obtenir le soutien à leur mise en application » [traduction libre] (Phills *et al.*, 2008). L'innovation sociale peut comporter la mise en œuvre de nouvelles technologies par les organismes gouvernementaux et non gouvernementaux qui travaillent à fournir des services publics ou à répondre à des problèmes sociaux. Elle peut aussi comprendre la création de modèles organisationnels qui remettent en question les frontières traditionnelles entre les secteurs public, privé et des OSBL (Phills *et al.*, 2008). Les programmes de microfinancement, par exemple, qui incluent l'extension de petits prêts aux pays à faibles revenus, peut remettre en cause la distinction entre organisme à but lucratif et organisme de charité. Les mesures classiques se limitent à l'évaluation des activités d'innovation dans les entreprises et il manque de collecte systématique de données dans d'autres domaines. Cependant, des organismes tels que l'OCDE ont entrepris une première recherche sur l'innovation dans le secteur public (OCDE, 2017b) et des discussions sont en cours sur la façon dont on pourrait adapter les définitions et les outils de mesure traditionnels (NASEM, 2017). Cette évolution pourrait aboutir à des évaluations plus complètes de l'innovation sociale ou de l'innovation dans le secteur public, afin de compléter celles dont on dispose pour l'innovation dans les entreprises.

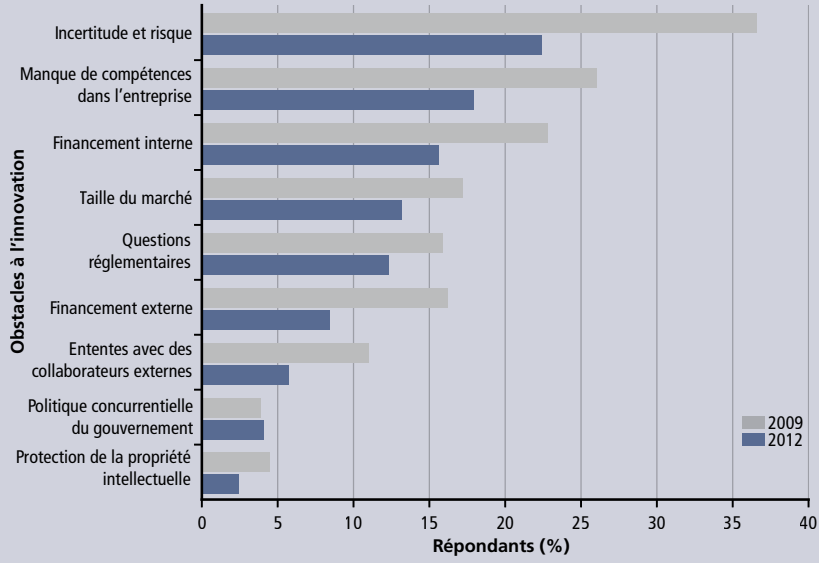
lumière la dépendance de la R-D et de l'innovation à une variété de facteurs contextuels et aux interactions complexes entre les acteurs de l'innovation (Adner, 2006; Jackson, 2011; CAC, 2013b). Les entraves à la traduction de la R-D en innovation et les bénéfices économiques et sociaux agrégés peuvent donc survenir à divers points du système. Les résultats des enquêtes menées auprès d'entreprises canadiennes (encadré 6.2) illustrent l'étendue des obstacles susceptibles de se dresser, mais la perception des entreprises seule ne permet pas de dégager l'ensemble des causes structurelles et systématiques.

La figure 6.2 représente les relations entre la R-D, l'innovation et la création de richesse. La traduction de la R-D en innovation est distincte de la traduction de l'innovation en création de richesse. La première inclut la création de nouveaux produits et procédés (et, potentiellement, de nouvelles méthodes organisationnelles et de commercialisation), grâce aux progrès technologiques issus des travaux de R-D. La seconde comprend la commercialisation de ces innovations technologiques de façon à produire des bénéfices économiques et sociaux extrêmement répandus. Pour illustrer cette distinction, considérons la création d'une entreprise en démarrage afin de commercialiser une nouvelle technologie reposant sur la recherche d'avant-garde. Nous avons ici un exemple de passage de la R-D à l'innovation technologique. Si cette entreprise en démarrage croît jusqu'à produire des bénéfices économiques ou sociaux pour la collectivité ou la région environnante, il s'agit de la traduction d'une innovation en création de richesse. Les innovations fructueuses génèrent un cycle de rétroaction positive, qui donne lieu à des retours commerciaux et sociaux pouvant être réinvestis dans l'infrastructure ou le personnel de R-D et dans les activités d'innovation pour catalyser les futures innovations.

Encadré 6.2
Les obstacles à l'innovation : résultats d'enquêtes menées auprès des entreprises canadiennes

Les résultats d'enquête donnent à penser que les entreprises canadiennes se heurtent à un éventail d'obstacles dans leur recherche de l'innovation. La figure 6.1 représente les données tirées d'une enquête sur l'innovation de Statistique Canada montrant la perception des entreprises. Deux constats se dégagent de ces données. Premièrement, une réduction du nombre d'entreprises signalant la plupart des obstacles à l'innovation entre 2009 et 2012. Ce résultat peut refléter un plus grand optimisme des entreprises découlant de l'amélioration de la situation économique après la crise financière mondiale de 2008–2009; cependant, il peut aussi indiquer que les conditions pour l'innovation au Canada s'améliorent. Deuxièmement, les données portent à croire que les obstacles les plus courants à l'innovation dans les entreprises sont, par ordre d'importance : l'incertitude et le risque, le manque de compétences, le financement interne, la taille du marché, les questions réglementaires et le financement externe. Moins de 5 % des entreprises affirment faire face à des défis résultant de la politique de concurrence du gouvernement ou de la protection de la propriété intellectuelle, quelle que soit l'année.

suite à la page suivante



Source des données : StatCan, 2014b

Figure 6.1

Obstacles à l'innovation indiqués par les entreprises canadiennes, 2009 et 2012

Le contexte d'innovation pour les entreprises canadiennes semble s'être amélioré entre 2009 et 2012. Les entreprises ont signalé une baisse de presque tous les obstacles courants. Ceci est probablement le reflet de la stabilisation de la situation économique après la crise financière de 2008–2009, mais pourrait aussi traduire une amélioration au chapitre de la disponibilité des compétences et du financement, des questions réglementaires et des ententes de collaboration. À noter qu'entre les deux années d'étude, on a enregistré une légère baisse du pourcentage global d'entreprises rapportant avoir introduit une innovation; la baisse du nombre d'entreprises enclines à l'innovation peut aussi avoir contribué à la baisse du nombre d'entreprises indiquant qu'elles se heurtaient à des obstacles à l'innovation.

Les R-D et les innovations qui en résultent ne se produisent pas nécessairement dans la même entreprise. La plupart des innovations découlent de la R-D achetée, que ce soit sous forme de contrats de R-D avec des établissements de recherche canadiens ou étrangers ou d'importation et d'adoption de produits et de procédés élaborés dans d'autres pays (Engardio *et al.*, 2005). Les entreprises canadiennes peuvent aussi profiter de la R-D réalisée par des entreprises étrangères, directement au moyen des canaux formels, comme les contrats et les ententes de licence, ou indirectement par le transfert informel de connaissances de manière non codifiée. De plus, une des raisons pour les entreprises d'effectuer de la R-D est de permettre l'adoption et l'adaptation de l'innovation provenant de l'extérieur. Par conséquent, les innovations canadiennes peuvent avoir leur origine dans la R-D effectuée ailleurs. De même, la R-D canadienne peut favoriser des innovations réalisées à l'étranger quand

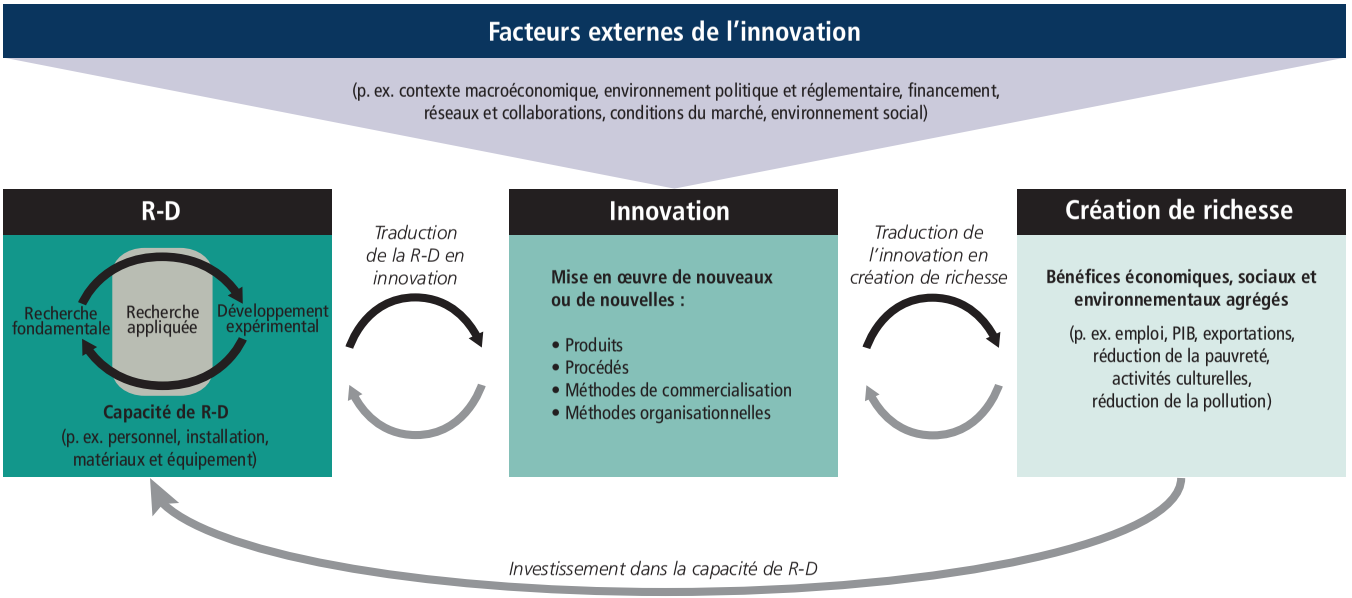


Figure 6.2

Compréhension des liens entre la R-D, l'innovation et la création de richesse

La traduction de la R-D en innovation et en création de richesse est complexe et survient à différentes étapes. Les avancées en recherche fondamentale et en développement expérimental se renforcent mutuellement (dans de nombreux cas, elles sont liées par la recherche appliquée). La R-D alimente l'innovation en permettant la création de produits, de procédés et de méthodes de commercialisation et organisationnelles. Ce chapitre se concentre principalement sur l'innovation de produits et de procédés, car ces types d'innovation sont plus étroitement liés à la R-D et au développement technologique. Les innovations dépendent également de facteurs externes, comme le contexte macroéconomique, la politique et les environnements réglementaires ou sociaux. Les innovations produisent des bénéfices économiques par la hausse de la productivité, la création d'emplois, la croissance du PIB, etc. Elles peuvent aussi apporter d'autres bénéfices sociaux, tels que la réduction des impacts environnementaux ou l'amélioration de l'efficience ou de l'efficacité des services publics.

elle ne conduit pas à une nouvelle activité innovante au sein des entreprises au Canada. Combiné à l'intégration des entreprises canadiennes dans les chaînes d'approvisionnement nord-américaines (voir la section 6.3.2), cela peut contribuer au décalage apparent entre les dépenses de R-D et les taux d'innovation indiqués dans les entreprises canadiennes.

6.2 OBSTACLES À LA TRADUCTION DE LA R-D EN INNOVATION TECHNOLOGIQUE

La commercialisation de la recherche (c.-à-d. la traduction de la recherche en technologie, produit ou service commercialisable) est la première étape de la transformation de la recherche en innovation et en création de richesse, et la performance du Canada dans ce domaine a parfois été critiquée (Groupe d'experts en commercialisation, 2006; CAC, 2009; Galushko et Sagynbekov, 2014). La faiblesse de la commercialisation peut être le résultat de divers obstacles qui empêchent la traduction efficace de la recherche en innovations technologiques pouvant être commercialisées par les entreprises, comme la différence de culture et de système de récompense entre le milieu académique et l'industrie, l'insuffisance des liens entre le milieu académique et les entreprises ou un manque de capacité de réception de la recherche dans les entreprises et les problèmes causés par les politiques de propriété intellectuelle et la gestion de cette dernière.

6.2.1 Indicateurs et mesures de la commercialisation

Les indicateurs couramment employés pour faire le suivi de la commercialisation de la recherche incluent les inventions déclarées, les brevets accordés et les brevets déposés, les ententes et les revenus de licence, les entreprises dérivées, les caractéristiques des bureaux de transfert technologique (dont le financement, les revenus et l'emploi) et la R-D financée par l'industrie dans les universités et dans les établissements de recherche publics. Les mesures font cependant face à des défis qui restreignent les données probantes et rendent problématiques les comparaisons internationales. Contrairement à ce qui a été fait pour la R-D et l'innovation, les indicateurs de commercialisation de la recherche n'ont pas été normalisés par l'OCDE ou par des organismes nationaux (Arundel et Bordoy, 2008). On manque de lignes directrices sur la collecte systématique de données (comme celles fournies par le *Manuel de Frascati* et le *Manuel d'Oslo*). Les données sont souvent déclarées et recueillies au moyen d'enquêtes nationales ponctuelles ou d'enquêtes annuelles auprès d'organisations membres, comme l'enquête menée par l'Association of University Technology Managers (AUTM) et l'Association of European Science and Technology Transfer Professionals (ASTP). Les différences méthodologiques et d'échantillons d'établissements peuvent aussi influer sur les résultats et nuire à la comparabilité internationale

(Arundel et Bordoy, 2008). Les données provenant de ces sources doivent aussi être normalisées selon, par exemple, le financement de la recherche pour conduire à des comparaisons utiles des établissements (Arundel et Bordoy, 2008).

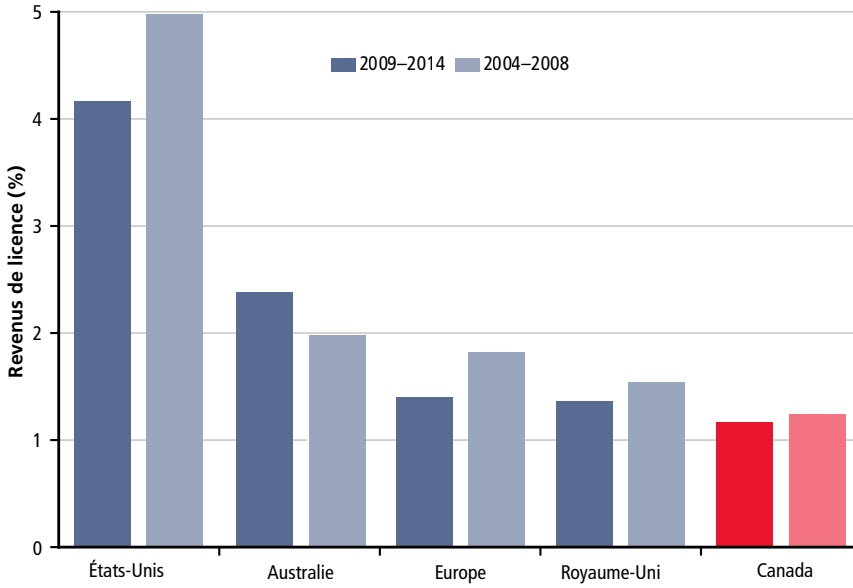
6.2.2 Rendement en matière de commercialisation de la recherche universitaire

Les données canadiennes sur la commercialisation de la recherche peuvent être tirées de l'enquête annuelle de l'AUTM, à laquelle participe un sous-ensemble d'universités et de bureaux de transfert technologique (BTT). Pour 2004–2009, il est également possible d'obtenir des données au moyen de l'*Enquête sur la gestion de la propriété intellectuelle* de Statistique Canada. Toutefois, cette enquête a été arrêtée après 2009, ce qui a créé un important fossé dans les données sur la commercialisation de la recherche[54]. Les données de l'enquête de l'AUTM proviennent d'un sondage mené auprès d'un échantillon d'établissements d'enseignement supérieur canadiens. Elles montrent que les activités de commercialisation au Canada ont constamment augmenté selon de nombreux indicateurs depuis le début ou le milieu des années 1990, tout comme les dépenses en recherche. Les déclarations d'invention sont passées de 250 en 1991 à plus de 1 800 en 2015. De même, les licences et les options exécutées ont atteint plus de 700 en 2015 et le nombre d'entreprises en démarrage découlant de la recherche effectuée dans les universités canadiennes s'est accru de 29 en 1994 à 90 en 2015. Les revenus de licence déclarés par les BTT varient d'une année à l'autre, mais ils s'élevaient à 62 millions de dollars en 2015, soit une baisse de 29 % par rapport à 2014, mais un montant dix fois plus élevé qu'en 1991 (AUTM, 2015b).

Le fait que peu de BTT canadiens soient en mesure de produire des flux de revenus notables est vu comme la preuve d'un rendement relativement médiocre (CAC, 2009), bien que dans de nombreux pays, un petit nombre d'établissements de recherche génèrent le gros des revenus de licence (OCDE, 2016f). Au Canada, l'Université de Toronto est de loin le plus gros bénéficiaire de revenus de licence, et seuls trois établissements (l'Université de Toronto, l'Université de la Saskatchewan et l'Université de la Colombie-Britannique) ont reçu plus de 5 millions de dollars de revenus de licence en 2014 (AUTM, 2015a). En outre, la majorité des revenus de licence du milieu académique provient d'un petit nombre de brevets (Cervantes, s.d.). Dans le cas de l'Université de la Saskatchewan, par exemple, la plus grosse part de ces revenus tire son origine d'un brevet sur le vaccin contre le circovirus du porc (Yates, 2012).

54 En raison des réductions budgétaires imposées en 2009, Statistique Canada a adopté une approche systémique et a pris la décision d'abandonner la mesure des liens pour ne conserver que la mesure de l'activité (R-D et innovation). Les enquêtes provinciales ont été abandonnées en même temps, tout comme les enquêtes sur les pratiques en matière de propriété intellectuelle au gouvernement fédéral. Or, pour connaître les lacunes systématiques et commerciales associées à l'innovation, il est essentiel de mesurer ces liens.

À cause des limites des données, il est difficile de comparer les résultats du Canada avec ceux des autres pays. En ce qui concerne la mesure des revenus de licence en pourcentage des dépenses de recherche, les établissements académiques canadiens ne réussissent pas aussi bien que de nombreux autres pays. Les données de l'OCDE indiquent que les revenus de licence engrangés par les établissements de recherche publics équivalaient en moyenne à 1,2 % des dépenses de recherche entre 2009 et 2014 (figure 6.3), contre 4,2 % pour les États-Unis, 1,4 % pour l'Europe et 2,4 % pour l'Australie.



Source des données : OCDE, 2016f

Figure 6.3

Revenus de licence de la recherche publique en proportion des dépenses de recherche, 2004–2014

Les revenus de licence des établissements de recherche publics canadiens en fonction des dépenses de recherche sont faibles par rapport aux États-Unis et à l'Australie, bien que leur niveau soit comparable à ceux enregistrés en Europe et au Royaume-Uni. Les données pour l'Europe concernent seulement 2004–2011, et la moyenne pour 2009–2014 est fondée sur les toutes dernières données disponibles.

Selon l'expérience du comité d'experts, des revenus de licence faibles constituent un problème pour la pérennité des BTT, qui peuvent alors manquer du financement nécessaire à leurs activités. Ce défi est encore accru par la diversité de la recherche et des technologies que les BTT peuvent rencontrer. Sans les ressources et l'expertise requises pour évaluer les applications possibles dans un grand éventail de domaines scientifiques et techniques, ils peuvent avoir de la difficulté à bien mesurer le potentiel commercial de la recherche portée

à leur attention, ce qui limite ainsi leur efficacité et leur impact[55]. Toutefois, il peut être maladroit d'inciter les BTT à l'autonomie financière grâce aux revenus de licence dans la mesure où ils offrent un service public en corrigeant les lacunes du marché face à la commercialisation de la recherche précoce.

Dans son rapport *L'état des lieux 2014*, le Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation (CSTI) relève que les établissements d'enseignement supérieur canadiens sont à la traîne par rapport à leurs homologues américains en matière de licences et de revenus de licence (CSTI, 2015). Selon ce rapport, les universités canadiennes ont obtenu environ 16 licences par établissement en 2012, contre 35 aux États-Unis. Les établissements canadiens ont reçu en moyenne environ 2,2 millions de revenus de licence, alors que les établissements américains ont perçu une moyenne de 13,5 millions de dollars US. La comparaison porte à croire que le rendement du Canada en transfert technologique continue à être inférieur au rendement américain[56]. Les données probantes internationalement comparables sont en revanche limitées pour les autres critères de commercialisation de la recherche. Arundel et Bordoy (2008) proposent des comparaisons internationales sur une série de mesures de la commercialisation après normalisation des indicateurs utilisés. Selon leur analyse, le Canada devance les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Europe et l'Australie au chapitre des demandes de brevet en fonction des dépenses de recherche et se classe au même niveau que ces pays à de nombreux autres critères, dont les déclarations d'invention, les brevets obtenus, les licences exécutées et les entreprises en démarrage. Cependant, cette analyse s'appuie sur des données de 2004 et n'a pas été répétée.

6.2.3 Le fossé culturel entre le milieu académique et les entreprises

Les chercheurs universitaires interviennent dans un contexte professionnel différent de leurs pairs du secteur privé. En particulier, leurs motivations et leurs buts professionnels sont souvent liés à la reconnaissance de leurs réalisations de recherche exposées dans des publications savantes. Cette reconnaissance prend la forme de l'avancement professionnel (p. ex. la titularisation), de

55 Ces défis peuvent être amplifiés ou atténués par la culture de l'établissement et des facteurs tels que le fait qu'ils soient dirigés par des administrateurs de recherche ou des entrepreneurs, l'influence des chercheurs principaux et le degré d'attrait commercial pris en considération dans la création d'entreprises dérivées et de licences.

56 Ces différences pourraient s'expliquer par les effets d'échelle, car les établissements américains affichent également de plus grandes dépenses de recherche, en moyenne, que les établissements canadiens. Cependant, même lorsque les établissements américains ayant des dépenses de recherche supérieures à celles de l'Université de la Colombie-Britannique (l'établissement canadien dont les dépenses sont les plus élevées selon les données de l'AUTM) sont exclus de l'analyse, un écart sensible demeure entre les deux pays quant aux revenus de licence en pourcentage des dépenses de recherche. Entre 2011 et 2015, la moyenne pour les établissements canadiens s'établissait à 1,2 %, contre 4,9 % pour les établissements américains de taille similaire.

l'estime de leurs pairs ou de bourses, de prix et de récompenses de recherche (Stephan, 2012). Il se peut alors que les chercheurs universitaires soient peu incités à investir leur temps limité dans des activités visant la commercialisation de leurs découvertes (ou leur traduction en biens sociaux d'une autre manière), surtout si ces activités ne correspondent pas à leurs buts professionnels ou à leurs motivations personnelles. Cette distinction entre les structures incitatives dans lesquelles évoluent les chercheurs universitaires et celles prévalant dans le secteur privé a parfois été citée comme une source de friction dans le processus de commercialisation de la recherche au Canada et ailleurs (CAC, 2009, 2013b).

À cet égard, le Canada suit les normes et pratiques mondiales en vigueur dans le milieu académique et dans l'industrie. Si le soutien universitaire à la commercialisation de la recherche varie d'un établissement à l'autre et si les politiques concernant la promotion et la titularisation peuvent diverger dans le degré auquel elles reconnaissent les réalisations commerciales, il y a peu de données prouvant que les établissements canadiens diffèrent systématiquement dans ce domaine de leurs homologues aux États-Unis et dans d'autres pays[57]. Les différences de structure entre le milieu académique et l'industrie contribuent aux défis de commercialisation de la recherche dans de nombreux pays. Cependant, certaines données probantes étudiées par le comité d'experts soulignent la possibilité que cet écart culturel soit plus important au Canada qu'ailleurs. Par exemple, le Forum économique mondial classe actuellement le Canada au 24e rang selon le degré auquel les entreprises et les universités collaborent en R-D, d'après une enquête réalisée auprès de dirigeants d'entreprises et gouvernementaux, ce qui révèle une perception répandue que les universités et les universitaires canadiens continuent à être moins enclins à collaborer avec l'industrie que les chercheurs de nombreux autres pays (WEF, 2017). Ce constat est particulièrement vrai par rapport aux États-Unis et à l'Europe, où il est parfois très prestigieux de collaborer avec l'industrie, en partie en raison de l'influence d'organisations comme les centres de recherche et développement financés par le gouvernement fédéral aux États-Unis ou l'Institut Fraunhofer en Allemagne, qui (par le biais de divers modèles) servent de liens entre la R-D dans l'industrie et la R-D dans le milieu académique.

57 Le comité d'experts a relevé une possible exception à cette règle. Les contrats d'enseignement des universités américaines dans certaines disciplines sont souvent établis pour des périodes de 9 ou 10 mois, alors que les contrats sur 12 mois sont la norme dans les universités canadiennes. Les chercheurs aux États-Unis dont les contrats sont plus courts sont ainsi davantage incités à rechercher des revenus supplémentaires dans le secteur privé. Ceci peut contribuer à la perception que les chercheurs universitaires canadiens sont moins ouverts à la collaboration de recherche industrielle que leurs homologues américains.

6.2.4 Liens entre le milieu académique et les universités et capacité de réception

La réussite de la commercialisation est souvent catalysée par l'interaction des entreprises et des universités et d'autres organismes de recherche. Les partenariats et les collaborations de recherche entre l'industrie et les universités font en sorte que les entreprises sont conscientes des travaux et des tendances de recherche commercialisables et peuvent exploiter les progrès majeurs quand ils surviennent. Ils garantissent également l'existence de canaux par lesquels les entreprises communiquent leurs besoins aux chercheurs académiques. C'est le principe qui inspire des programmes tels que les Centres d'excellence en commercialisation et en recherche canadiens ou les Réseaux de centres d'excellence dirigés par des entreprises, ainsi que les bourses de recherche publiques qui visent à favoriser de tels partenariats en exigeant la participation de l'industrie, comme les subventions de partenariat stratégique et programmes connexes du CRSNG.

Les BTT universitaires sont souvent bien placés pour « pousser » les nouvelles technologies sur le marché. Cependant, le succès dépend souvent de l'ampleur de la capacité de réception des entreprises (c.-à-d. de l'aptitude des entreprises à développer et à commercialiser les résultats de la recherche grâce à leurs moyens de R-D et à leur capacité de gestion et stratégique). Les industries dans lesquelles la R-D est intense jouent souvent un rôle crucial en « tirant » les nouvelles technologies vers le marché (Niosi, 2008; CAC, 2009). Ces entreprises sont stratégiquement orientées vers le développement de nouvelles technologies et entretiennent souvent des partenariats et des collaborations solides avec des chercheurs universitaires. Comme le note le rapport *Innovation et stratégie d'entreprise : pourquoi le Canada n'est pas à la hauteur* : « [S]elon la logique de ce phénomène, l'exploitation commerciale a plus de chances de se produire lorsque le milieu des affaires qui l'entoure est riche en entreprises pour lesquelles l'innovation scientifique et technologique est un objectif majeur — c'est-à-dire qu'il faut plus d'activités *tirant* la technologie vers son exploitation commerciale pour compléter les activités de recherche *poussant* la technologie vers cette exploitation » (CAC, 2009). L'encadré 6.3 présente d'autres méthodes de création de liens entre le milieu académique et le secteur privé.

La faiblesse de la R-D en entreprise au Canada documentée aux chapitres 2 et 4 correspond à l'insuffisance de la capacité de réception dans le secteur privé. La commercialisation des avancées de la recherche est probablement entravée par une insuffisance générale de R-D dans les entreprises, ainsi que par le manque de capacité à élaborer des stratégies d'entreprise axées sur la R-D et l'innovation. Les données probantes sur l'ampleur des liens de R-D entre le milieu académique et les entreprises sont cependant moins tranchées. L'industrie

Encadré 6.3
La science ouverte : une nouvelle méthode pour créer des liens

La *science ouverte* est un terme générique décrivant les approches scientifiques collaboratives et ouvertes, qui peuvent être de puissants catalyseurs de l'innovation. Elle comprend la constitution de réseaux de collaboration ouverts entre les organismes de recherche, comme dans le secteur privé, et la distribution à grande échelle de la recherche qui suit généralement l'élimination des restrictions d'utilisation. Une telle approche accélère la transformation des idées au sein des partenaires de recherche et repousse les frontières de la recherche préconcurrentielle aux étapes ultérieures d'application. Les résultats de la recherche étant librement accessibles, les entreprises peuvent se concentrer sur la création de produits et de procédés commercialisables.

Deux organismes canadiens constituent un exemple de mise en pratique de ce modèle. En juin 2017, Génome Canada, le gouvernement de l'Ontario et des sociétés pharmaceutiques ont investi 33 millions de dollars dans le Structural Genomics Consortium (SGC) (Génome Canada, 2017). Formé en 2004, le SGC est à l'avant-plan du mouvement de science ouverte au Canada et a contribué à de nombreuses avancées importantes de la recherche en matière de nouveaux traitements (SGC, 2018). L'Institut et hôpital neurologiques de Montréal de l'Université McGill a aussi adopté les principes de la science ouverte. Depuis 2016, il partage ses résultats de recherche avec la communauté scientifique sans restriction, dans le but de faciliter « le partage de données à travers le monde afin d'accélérer les découvertes d'agents thérapeutiques de pointe pour traiter les patients qui souffrent de maladies neurologiques » (neuro, s.d.).

finance actuellement 7,8 % de la R-D effectuée dans le secteur de l'enseignement supérieur au Canada. Ce chiffre est élevé selon les normes internationales et supérieur à la moyenne de l'OCDE, qui est de 6,2 % (figure 2.4). L'accent que la politique fédérale met délibérément sur l'encouragement des partenariats a aussi accru le nombre de partenariats de recherche entre le milieu académique et l'industrie au Canada, bien qu'il ne semble pas avoir intensifié l'apport de financement de la recherche en provenance de l'industrie. Les modèles de connectivité de la R-D entre l'industrie et le secteur de l'enseignement supérieur varient selon le type d'établissement, et les écoles polytechniques et collèges canadiens sont peut-être mieux adaptés à ce concept en raison de leur orientation vers la collaboration avec les entreprises locales et la concentration

sur les projets de R-D portant sur les besoins des clients.[58] En général, la hauteur du financement accordé par l'industrie à la recherche réalisée dans les universités et les collèges, combiné à la hausse du nombre de partenariats, ne laisse pas entrevoir de déficit de connectivité entre l'industrie et les universités au Canada par rapport aux autres pays de l'OCDE.

6.2.5 Les politiques universitaires relatives à la propriété intellectuelle

Au Canada, le régime de politiques sur la propriété intellectuelle est fortement décentralisé (Hepburn et Wolfe, 2015). Dans les universités, ces politiques dépendent de l'établissement, du fait que les brevets sont la propriété du créateur ou de l'université et de la portion des revenus de commercialisation alloués au chercheur et à l'établissement. À l'Université de Waterloo, par exemple, la politique sur la propriété intellectuelle impose peu de restrictions aux chercheurs et leur accorde la propriété intellectuelle. Cette approche décentralisée contraste avec celle en vigueur aux États-Unis, où la *Bayh-Dole Act* fédérale promulguée en 1980 a établi un cadre unifié pour les universités américaines reposant sur le partage des droits de propriété intellectuelle découlant de la recherche universitaire, offrant ainsi aux bénéficiaires du financement fédéral des possibilités de recherche pour commercialiser leur travail (Hepburn et Wolfe, 2015).

La diversité des politiques au Canada a engendré des points de vue tout aussi divers sur leur élaboration et leur efficacité (Kenney et Patton, 2011). Il n'existe pas de consensus ou de données probantes permettant d'établir la supériorité d'un modèle en particulier. De nombreux établissements américains ont enregistré une hausse des activités de commercialisation tout au long des années 1980 et 1990 et des analyses de l'impact de la *Bayh-Dole Act* ont conclu qu'elle avait, dans les faits, accéléré la commercialisation de la recherche (Tseng et Raudensky, 2015). Cependant, on a aussi fait remarquer que le brevetage universitaire dans de nombreuses universités était déjà à la hausse aux États-Unis avant l'adoption de cette loi (Mowery *et al.*, 2004). Envisagée dans ce contexte, elle a peut-être encouragé une transition vers une production de propriété intellectuelle déjà amorcée, plutôt que seulement accéléré l'augmentation du brevetage. Au Canada, les défenseurs du système attribuent souvent la réussite de l'Université de Waterloo en matière de mise sur pied d'un climat entrepreneurial en partie à sa politique sur la propriété intellectuelle axée sur le laissez-faire. D'autres cependant, se demandent si un tel modèle serait efficace s'il était adopté dans un autre contexte (CAC, 2009).

58 Cependant, la capacité des collèges et des écoles polytechniques à effectuer de la recherche appliquée à l'industrie n'est pas uniforme et est toujours en développement, sauf à certains endroits comme le Québec, où les Centres collégiaux de transfert de technologie réalisent ce type de recherche depuis près de 30 ans.

L'effet des politiques relatives à la propriété intellectuelle sur la réussite de la commercialisation est souvent assujetti à d'autres facteurs, comme le prouvent les différences de résultats entre les universités dont les politiques se ressemblent. Il est donc difficile d'attribuer le succès (ou l'échec) de la commercialisation de la recherche à une politique sur la propriété intellectuelle particulière. L'efficacité des différentes politiques, et leur dépendance aux BTT, peut aussi varier en fonction du domaine de recherche. Dans des domaines comme la biotechnologie et les sciences de la vie, où les brevets (et parfois les suites de brevets complémentaires) peuvent jouer un rôle crucial dans la détermination de la valeur d'une technologie, les modèles de commercialisation centralisés autour des BTT peuvent être mieux adaptés (CAC, 2009). Comme Mowery *et al.* (2004) le relèvent : « Les enquêtes auprès de directeurs de la R-D dans l'industrie durant les années 1980 et 1990 donnent constamment à penser que les brevets et les licences sont moins importants que les autres canaux pour la circulation des connaissances et les interactions avec les chercheurs universitaires (par exemple, les publications facultaires ou les présentations lors de conférences) dans tous les domaines, y compris en sciences biomédicales » [traduction libre].

Comme les politiques sur la propriété intellectuelle de la plupart des universités canadiennes sont largement similaires à celles que les établissements américains ont adoptées à la suite de l'introduction de la *Bayh-Dole Act* (Trosow *et al.*, 2012), il est peu probable que la diversité des politiques canadiennes explique les faibles taux de commercialisation de la recherche. Cependant, les universités pourraient en faire davantage pour aider les entreprises et les industries canadiennes à lutter dans un paysage commercial où la propriété intellectuelle joue un rôle de plus en plus stratégique. Des obstacles continuent à freiner les entreprises dans leurs efforts pour accéder aux brevets détenus par les universités, y compris un manque de motivation à conclure des ententes de licence, car les établissements d'enseignement postsecondaire canadiens hésitent à recourir aux tribunaux pour défendre leur propriété intellectuelle (Rooksby, 2013). Selon Bawa (2017), les universités pourraient étudier d'autres façons de gérer leurs portefeuilles de brevets, afin de mieux permettre aux entreprises canadiennes d'accéder à ces portefeuilles à des fins défensives et offensives, bien que cela puisse nécessiter de renoncer à considérer la propriété intellectuelle comme une source de revenus. Elles auraient également la possibilité de mettre en place un organisme tiers chargé de l'agrégation des brevets, qui rendrait les brevets accessibles aux entreprises canadiennes à des fins défensives[59]. Le

59 Certaines universités se sont déjà engagées dans cette direction. Bawa (2017) note : « L'Université d'Ottawa et l'École de technologie supérieure se sont jointes à un collectif international d'universités "voué à la transformation du volume de propriété intellectuelle le plus fort possible en usage commercial" en la rendant accessible gratuitement et en vertu d'ententes simplifiées et équilibrées » [traduction libre].

Canada pourrait aussi suivre l'exemple de la Corée du Sud, de la France, de Taïwan et du Japon, qui ont mis sur pied un fonds de brevets souverain visant à aider la réalisation des objectifs économiques nationaux par le regroupement de la propriété intellectuelle (Bawa, 2017).

Les établissements d'enseignement postsecondaire pourraient aussi, avec l'aide du gouvernement, en faire plus pour aider les entrepreneurs, les entreprises, les professionnels du droit et les administrateurs universitaires du Canada à développer les compétences et les connaissances nécessaires pour lutter dans une arène commerciale où la propriété intellectuelle peut être un élément décisif. Jim Balsillie a affirmé à plusieurs reprises que le Canada « a besoin de réorienter ses engagements nationaux et géopolitiques en matière de commercialisation des idées, particulièrement dans le monde complexe, sans merci et évolutif de la gestion des droits de propriété intellectuelle » [traduction libre] (Pohlmann, 2014). Le Conseil international du Canada a aussi constaté que « la majorité des entreprises en démarrage canadiennes n'ont simplement aucune notion de stratégie et de gestion en matière de propriété intellectuelle [...], en particulier parce que le système d'éducation canadien ne forme pas les conseillers en propriété intellectuelle à l'élaboration de stratégies » [traduction libre] (Mazurkewich, 2011). Ces observations ont conduit à demander aux universités et aux gouvernements de soutenir de nouvelles initiatives visant à inculquer les compétences avancées en gestion de la propriété intellectuelle requises pour tirer son épingle du jeu dans une économie mondiale axée sur l'innovation. Elles ont également abouti à un examen accru des éléments de la propriété intellectuelle dans les ententes commerciales internationales, où les protections strictes que réclament souvent les grandes économies comme les États-Unis ne sont pas toujours à l'avantage du Canada (Blit, 2017).

6.2.6 Chercheurs, compétences et mobilité

Une large gamme de compétences contribuent à l'innovation : des compétences scientifiques et techniques, des compétences d'affaires et des compétences générales, notamment en communications et en travail d'équipe (OCDE, 2011b). Au chapitre 2, le comité d'experts a examiné les principaux indicateurs relatifs à la population de chercheurs au Canada. Les données ne permettent pas de croire que le Canada souffre d'un déficit généralisé de talents ou de compétences en recherche. La population canadienne est fortement instruite et le nombre de chercheurs par habitant y est comparable aux pays pairs (OCDE, 2016a). Le nombre de titulaires d'un doctorat en sciences et en génie y est en augmentation, bien que la production canadienne demeure modeste comparée à d'autres pays de l'OCDE. Les systèmes canadiens d'enseignement primaire et secondaire continuent aussi à enregistrer de bons résultats aux évaluations internationales, les étudiants canadiens figurant parmi les meilleurs en sciences

et en mathématiques (CSTI, 2015). Le rapport *Assemblage requis : compétences en STGM et productivité économique du Canada* ne relève pas non plus de données démontrant une pénurie nationale de compétences au Canada en sciences, en technologies, en génie ou en mathématiques (STGM), bien que des pénuries ou des lacunes localisées puissent exister (CAC, 2015a). Le rapport conclut que « la source du problème de productivité du Canada n'est pas la pénurie de compétences avancées » (CAC, 2015a). Ce constat est repris par une enquête récemment réalisée auprès des directeurs généraux et d'autres intervenants du secteur technologique canadien, qui n'indiquent pas de pénurie notable de talents scientifiques ou technologiques au pays (Lazaridis Institute, 2016)[60].

La mobilité des chercheurs constitue un autre canal essentiel de transmission de nouvelles idées à l'industrie, puis de commercialisation. Selon le rapport *L'état des lieux 2014* : « Le transfert de connaissance peut se faire de façon informelle et s'appuyer sur les gens, c'est-à-dire sur le mouvement complexe, organique et constamment changeant et l'interaction des personnes » (CSTI, 2015). Dans des régions comme la Silicon Valley, on pense que le mouvement fréquent de chercheurs entre les universités et l'industrie contribue à catalyser le transfert de connaissances et la formation de nouvelles entreprises. Cette logique justifie également la coimplantation des installations industrielles et universitaires dans des parcs de recherche universitaire. Cependant, si la mobilité des chercheurs internationaux a été étudiée au Canada à l'aide de bases de données bibliométriques (CAC, 2012a), le comité d'experts n'a trouvé aucune étude et aucun indicateur permettant la comparaison de la mobilité intersectorielle des chercheurs entre le Canada et d'autres pays.

6.2.7 Évaluation des taux d'innovation technologique

L'innovation technologique est le résultat final de nombreuses formes de transfert de connaissances, par le biais de la création de produits et de procédés. Si peu d'indicateurs mesurent directement les taux d'innovation, les données issues d'enquêtes sur l'innovation comparables à l'échelle internationale peuvent également servir à analyser l'efficacité en matière d'innovation entre les industries et les pays[61]. Deux enquêtes exhaustives sur l'innovation dans les entreprises ont été réalisées à ce jour au Canada, une en 2009 et l'autre en 2012 (StatCan, 2017b). Elles cherchaient à savoir si les entreprises avaient innové

60 Cependant, la perception selon laquelle les compétences avancées en STGM offertes sur le marché de la main-d'œuvre sont adéquates au Canada peut aussi révéler une baisse de la demande pour ces compétences due à l'insuffisance relative de R-D dans le secteur des affaires au pays.

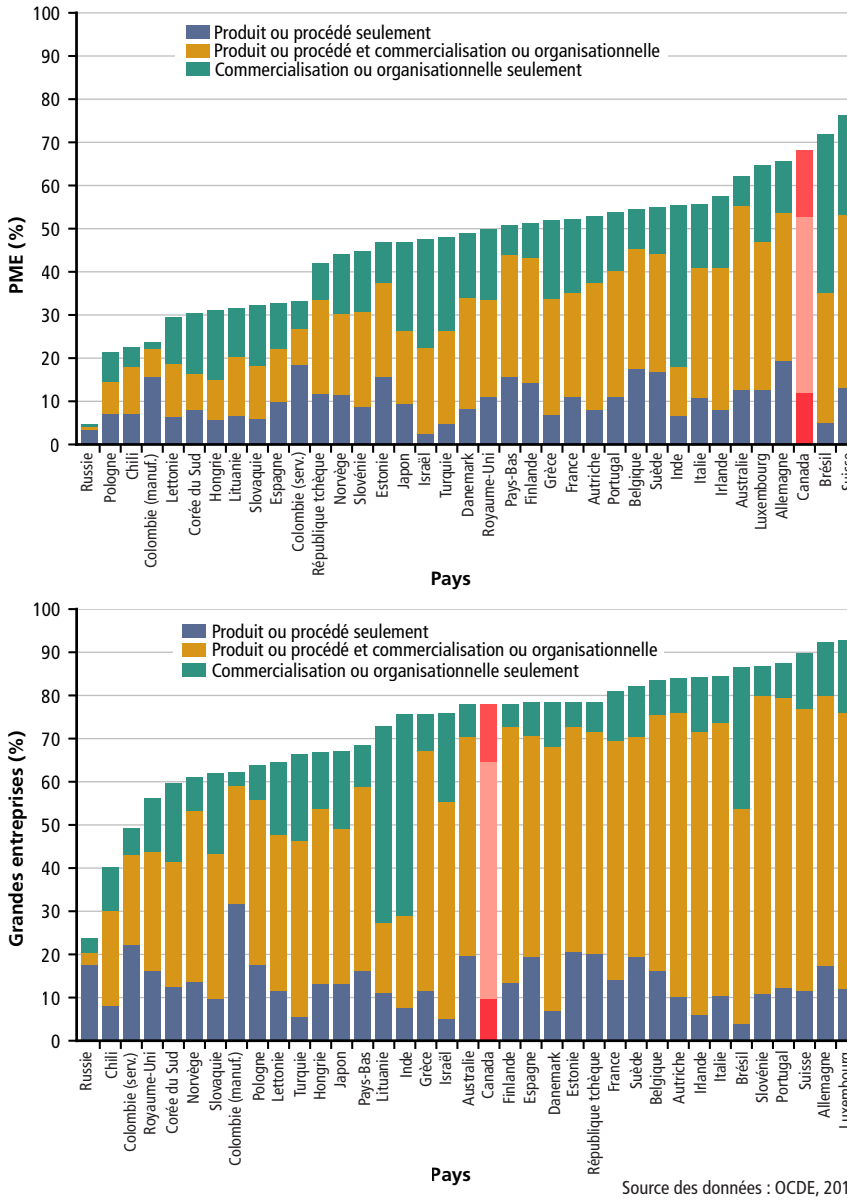
61 Si ces enquêtes sont conçues pour être internationalement comparables, leur utilisation pour comparer des pays entre eux peut être limitée en raison de différences de méthodologie et de modèles de réponses. La méthodologie et la comparabilité des enquêtes sont étudiées en détail dans Mairesse et Mohnen (2010) et OCDE (2009).

au cours des trois exercices précédents. Plus précisément, on a demandé aux entreprises si elles avaient introduit des innovations en matière de produit, de procédé, commerciales ou organisationnelles.

Le Canada se compare plus favorablement avec les autres pays dans les enquêtes de ce type que ce à quoi on pourrait s'attendre, en particulier en ce qui concerne les PME (figure 6.4). En 2012, 68 % des PME et 78 % des grandes entreprises ont répondu avoir récemment introduit une innovation sous une forme quelconque (OCDE, 2015a). Parmi les pays dont les données de l'OCDE sont comparables, le Canada se classait troisième 3e selon ce critère pour les PME et 17e pour les grandes entreprises (OCDE, 2015a). Toutefois, les taux d'innovation dans les grandes entreprises sont relativement cohérents d'un pays à l'autre, de 75 à 90 % des entreprises ayant indiqué avoir introduit une innovation quelconque dans la plupart des pays. Le taux d'innovation en matière de produit et de procédé au Canada concorde avec cette tendance. En ce qui concerne les PME, le Canada occupait le 4e rang de 34 pays au classement du taux de produits ou de procédés innovants (CSTI, 2015). Pour ce qui est des grandes entreprises, cependant, il ne se classait qu'en 19e position (CSTI, 2015). Une interprétation de ces données pourrait être que le Canada n'est pas moins performant que ses homologues sur le plan du taux global d'innovation technologique, car les petites entreprises affichent de hauts niveaux d'innovation de produits et de procédés. Toutefois, les grandes entreprises semblent ne pas être stratégiquement orientées vers l'innovation technologique, ce qui peut refléter la dynamique du marché autant que le rendement en matière de commercialisation de la recherche.

6.3 OBSTACLES À LA TRADUCTION DE L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE EN CRÉATION DE RICHESSE

Une fois les innovations technologiques développées, leur évolution et leur impact social dépendent des forces commerciales. Les entreprises peuvent ne pas réussir sur le marché avec des produits innovants pour un ensemble de raisons, dont le contexte économique et la structure de l'économie, l'accès au financement, l'environnement entrepreneurial, la qualité de la gestion et les compétences en la matière, l'orientation et le positionnement stratégiques des entreprises et leur aptitude à se développer proportionnellement et à pénétrer les marchés étrangers. Cette section explore la capacité des entreprises canadiennes à traduire les innovations en succès commercial et en bénéfices économiques globaux.



Source des données : OCDE, 2015a

Figure 6.4

Rendement en matière d'innovation au Canada et dans des pays sélectionnés, 2010–2012

La figure illustre le pourcentage d'entreprises ayant signalé l'introduction d'innovations de produits, de procédés, organisationnelles et commerciales au cours de l'année précédente, pour les PME (haut) et les grandes entreprises (bas). Selon ce critère, les PME sont plus fortement innovantes au Canada que dans les autres pays de l'OCDE. En revanche, les grandes entreprises canadiennes sont moins concurrentielles. Les PME sont les entreprises de moins de 250 employés, alors que les grandes entreprises sont celles comptant 250 employés et plus. Toutefois, la comparabilité internationale peut être limitée en raison des différences de méthodologies d'enquête sur l'innovation et de modèles de réponses d'un pays à l'autre.

6.3.1 Environnement macroéconomique et mesures fiscales d'encouragement

Le Canada n'a pas de lacune apparente au chapitre de l'environnement macroéconomique et des conditions générales de soutien à l'innovation. L'inflation est basse et stable, la dette publique[62] et le déficit financier sont comparativement faibles et le contexte fiscal est concurrentiel, le Canada ayant à présent le plus bas taux d'imposition des sociétés des pays du G7. Le Canada est aussi généralement reconnu comme une économie relativement ouverte, bien que la protection contre la concurrence ait été citée comme un possible frein à l'innovation dans certains secteurs (CAC, 2009; OCDE, 2016b). Dans l'ensemble, cependant, peu de données laissent envisager qu'un élément quelconque de l'environnement macroéconomique soit à l'origine du rendement traditionnellement insuffisant du Canada en matière de R-D des entreprises et de la croissance de la productivité inférieure à la moyenne.

Le Canada offre également un appui généreux à la R-D des entreprises par l'entremise des crédits d'impôt du Programme de la recherche scientifique et du développement expérimental (RS&DE). Il se classe au sixième rang international dans l'ampleur de l'aide fiscale au moyen de crédits de R-D; cependant, de nombreux pays ont haussé leurs crédits d'impôt de R-D ces dernières années. On s'inquiète donc du fait que le Canada pourrait ne pas demeurer concurrentiel (Deloitte, 2016). En particulier, le taux des subventions de la R-D à caractère fiscal pour les grandes entreprises a baissé par rapport aux autres pays de l'OCDE et le Canada occupe désormais le 14e rang à ce chapitre au sein de l'Organisation (Deloitte, 2016). Selon l'analyse de l'OCDE, ce taux pour les entreprises grandes et rentables est moins de la moitié de celui offert par les pays les mieux classés, tels que la France, l'Espagne, le Portugal et l'Irlande (OCDE, 2015a). Il faut cependant noter que les pays dont les crédits d'impôt de R-D sont les plus généreux ne sont pas ceux qui affichent les dépenses de R-D des entreprises les plus élevées. Par contre, le taux des subventions à caractère fiscal destinées aux petites entreprises demeure élevé en comparaison, le Canada occupant le quatrième rang à ce critère.

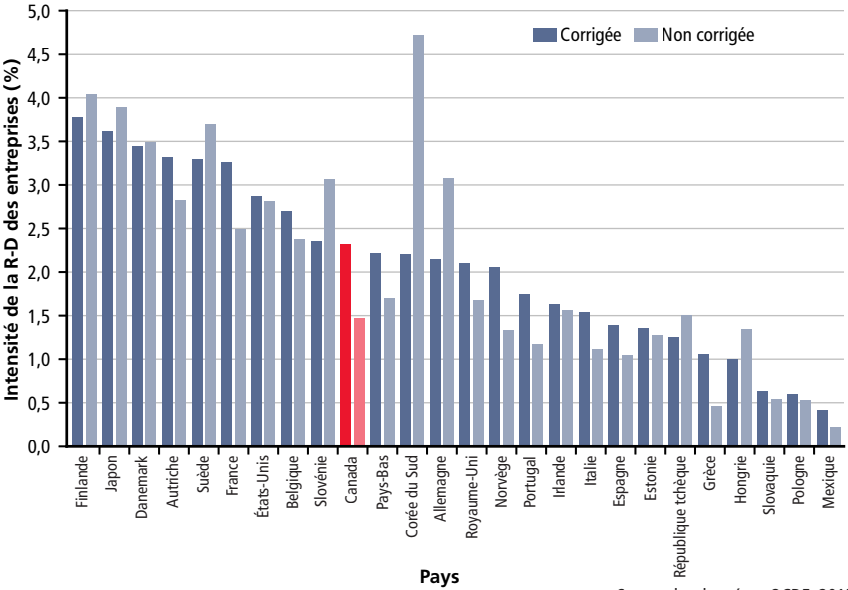
Comparé à de nombreux autres pays, le soutien général du Canada à la R-D des entreprises est fortement tourné vers l'aide indirecte, par le biais du RS&DE, et vers le système fiscal plutôt que vers l'aide directe par l'intermédiaire de subventions et d'achats. Les crédits d'impôt de R-D représentent 85 % de l'aide publique totale à la R-D des entreprises au Canada, soit la troisième proportion

62 Cependant, la dette privée augmente et a été mentionnée comme une menace potentielle à la stabilité financière lorsqu'elle est combinée à une escalade rapide du prix des maisons dans certaines régions (OCDE, 2016b).

la plus grosse de l'OCDE (OCDE, 2016d). Ceci a incité certains à s'interroger sur l'efficacité d'un mélange de politiques pondéré qui favorise les crédits d'impôt (voir Creso, 2016). Le RS&DE est aussi considéré comme un « outil relativement émoussé » pour ce qui est de l'aide aux jeunes entreprises en forte croissance et à forte intensité de R-D, et une transition vers des programmes de financement plus ciblés pourrait apporter des bénéfices économiques nets plus importants (Secrétariat du groupe d'experts sur l'examen du soutien de la recherche-développement, 2011). Toutefois, la recherche porte à croire qu'au Canada, les entreprises qui ont obtenu les meilleurs résultats avec le temps ont souvent bénéficié des crédits d'impôt du RS&DE et d'autres formes d'aide directe (Bérubé et Therrien, 2016).

Structure industrielle

La dépendance économique du Canada au secteur des ressources naturelles, où la R-D tend à être moins intensive, est souvent mise de l'avant pour expliquer en partie la faiblesse des investissements dans la R-D. Ces dernières années, la situation économique mondiale a également amené une transformation structurelle et une modification des modalités commerciales dans l'économie canadienne, et le désintérêt des produits manufacturés commercialisables au profit des ressources naturelles épuisables. Cette transformation a été défavorable au développement des industries et des secteurs à forte intensité de R-D (Bibbee, 2012). La décomposition de l'intensité de la R-Di par industrie et par secteur semble indiquer que la structure de l'économie n'est pas entièrement responsable des bas niveaux d'investissement dans la R-D des entreprises au Canada (CAC, 2009, 2013b). Toutefois, la prise en compte de la structure industrielle canadienne a une incidence notable sur les résultats des comparaisons internationales. Lorsque l'on tient compte de la structure industrielle, l'intensité de la R-D des entreprises au Canada est près de la moyenne de l'OCDE (figure 6.5). Le Canada profite davantage de cet ajustement que de nombreux autres pays de l'OCDE. Ce constat cadre avec les conclusions exposées au chapitre 4, en particulier que la R-D canadienne est plus fortement concentrée dans des industries à moins forte intensité de R-D que dans d'autres pays de l'OCDE. À l'inverse, certains grands pays, et plus particulièrement la Corée du Sud, enregistrent une baisse majeure de l'intensité de leur R-D lorsque la composition industrielle de leur économie est prise en considération.



Source des données : OCDE, 2015a

Figure 6.5

Intensité de la R-D des entreprises corrigée selon la structure industrielle, 2013

La composition industrielle d'une économie influe sur l'intensité de sa R-D, car la R-D est moins intensive dans certaines industries que dans d'autres. Les pays comptant des industries des ressources primaires développées, en particulier, présentent de plus faibles niveaux de dépenses de R-D, comme c'est le cas au Canada. Une fois la correction pour la structure industrielle effectuée, l'intensité de la R-D des entreprises au Canada est proche de la moyenne de l'OCDE et supérieure à celle de grands investisseurs dans la R-D, comme la Corée du Sud. L'intensité de la R-D des entreprises est indiquée en pourcentage de la valeur ajoutée (plutôt qu'en proportion du PIB), car les dépenses de R-D sont généralement affectées en fonction de la valeur ajoutée selon l'activité industrielle principale. Les détails méthodologiques se trouvent dans OCDE (2015a).

Rentabilité des entreprises

Un autre facteur susceptible d'être à la base des faibles taux d'investissement dans la R-D au Canada est la relative rentabilité dont les industries profitent grâce aux stratégies actuelles. La performance économique du Canada est solide en comparaison de nombreux pays pairs de l'OCDE, elle est tirée par une croissance relativement forte de l'emploi et par une forte demande d'exportations, malgré une croissance de la productivité et un investissement dans la R-D plus faibles (CAC, 2013b). La recherche passée a aussi conclu qu'en moyenne, les entreprises canadiennes semblent se heurter à des pressions concurrentielles moindres que les entreprises aux États-Unis et que leur rentabilité agrégée avant impôt est plus élevée (CAC, 2009). Une croissance robuste et des pressions concurrentielles réduites peuvent avoir réduit l'incitation à investir dans la R-D et dans l'innovation des entreprises. Il se peut que les politiques qui protègent

les principaux secteurs, tels que les télécommunications et la production d'énergie électrique, jouent un rôle dans l'affaiblissement concomitant de l'innovation et de la concurrence (OCDE, 2016b).

6.3.2 Intégration économique Canada–États-Unis

Certaines caractéristiques structurelles de l'économie canadienne peuvent être à l'origine de l'investissement dans la R-D comparativement faible du secteur privé. Nicholson (2016) a récemment avancé que l'étroite relation commerciale que le Canada entretient depuis longtemps avec les États-Unis et l'intégration en amont des entreprises canadiennes dans les chaînes de valeurs nord-américaines est un facteur majeur expliquant la faiblesse de la R-D dans les entreprises au Canada. Selon cet argument, les entreprises canadiennes ont une propension à fonctionner selon une mentalité de succursale et à se concentrer sur l'extraction des ressources, la transformation, l'assemblage et autre, et moins sur le développement de produits finaux perfectionnés. Ce modèle est évident dans le secteur des ressources (qui se focalise souvent sur les matières premières ou légèrement transformées) et dans d'autres industries clés — comme l'automobile, les produits chimiques, les produits pharmaceutiques, les TIC et le commerce de gros (p. ex. Sears ou Wal-Mart) —, dans lesquelles les grandes entreprises canadiennes sont souvent des filiales d'entreprises américaines (Nicholson, 2016). Cette thèse concorde avec des analyses plus anciennes, qui affirmaient souvent que les filiales canadiennes d'entreprises étrangères étaient principalement des importatrices d'innovation et de technologie, et non des exportatrices (Britton et Gilmour, 1978).

Selon Nicholson (2016), cette intégration économique a deux conséquences pour les entreprises canadiennes et pour leurs investissements dans la R-D et dans l'innovation. Tout d'abord, les firmes canadiennes fonctionnent souvent dans un contexte stratégique circonscrit, les entreprises mères fixant les stratégies et les objectifs généraux en matière, entre autres, de marketing, de développement de produits et d'organisation et de pratiques internes. Les filiales canadiennes sont donc régies par un cadre stratégique imposé de l'externe. Cela peut se traduire par une priorité donnée aux améliorations opérationnelles graduelles (c.-à-d. à l'application d'innovations provenant de l'entreprise mère) plutôt qu'au développement ou à l'adoption de marchandises, de technologies ou de procédés novateurs. Ensuite, les exportateurs canadiens sont souvent fortement orientés vers les biens ou services intermédiaires fournis au sein de chaînes de valeur intégrées et continentales. Cette particularité fait en sorte que le Canada se distingue des autres petites à moyennes nations commerciales, comme les pays scandinaves, les Pays-Bas, la Suisse et la Corée du Sud, où les marchés d'exportation sont plus diversifiés et plus axés sur la fourniture de marchandises aux consommateurs finaux. Le résultat est qu'à

l'intérieur des chaînes d'approvisionnement nord-américaines, la majeure partie de l'innovation centrée sur l'utilisateur se produit aux États-Unis plutôt qu'au Canada (Nicholson, 2016).

Par conséquent, la relation commerciale unique que le Canada entretient avec les États-Unis — bien qu'elle soit économiquement bénéfique pour le Canada depuis des dizaines d'années — a contribué à créer des conditions dans l'industrie qui réduisent l'investissement national dans la R-D et limitent la capacité du Canada à tirer parti des avancées des travaux effectués dans les installations de recherche universitaires et gouvernementales. Nicholson (2016) note également que si cette situation n'a pas jusqu'ici empêché l'économie canadienne d'enregistrer de forts taux de croissance par rapport aux autres pays du G7 ou de l'OCDE, les tendances mondiales pourraient venir perturber l'équilibre canadien basé sur une faible innovation. Parmi ces tendances, citons l'essor d'économies émergentes en Asie, le développement de nouvelles technologies transformationnelles et l'importance croissante accordée à la protection de l'environnement. Un autre nouveau facteur qui déstabilise cette relation est l'incertitude entourant l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA), en cours de renégociation. Ces tendances pourraient forcer le Canada à entreprendre une période d'adaptation économique et à mettre en œuvre des stratégies d'entreprises plus axées sur l'innovation.

Des données probantes récentes portent à croire que cet ajustement a peut-être déjà commencé. Wolfe (2017) observe que la proportion de R-D contrôlée par des intérêts étrangers au Canada augmente de nouveau. Comme il est discuté au chapitre 4, la part de la R-D d'entreprise contrôlée par des intérêts étrangers est passée de 30 % en 2000 à 37 % en 2013 (figure 4.6). Il semble que les multinationales cherchent à présent activement à tirer parti des capacités de R-D du Canada et voient de plus en plus le pays comme une source de moyens et de talents de R-D pouvant contribuer à la création de produits et se répercuter dans les modèles de vente et de distribution mondiales. Elles s'éloignent ainsi de leur stratégie traditionnelle consistant à centraliser la R-D dans leurs marchés d'origine, ou à proximité (Wolfe, 2017). Un excellent exemple de ce mouvement est la décision de General Motors d'intensifier de manière importante ses activités de R-D en Ontario en 2017 (GM Canada, 2016).

6.3.3 Entrepreneuriat

Les entreprises canadiennes sont réputées être hostiles au risque (Deloitte, 2012, 2017; KPMG Enterprise, 2016). Cependant, quand on regarde l'activité entrepreneuriale proprement dite, cette réputation de prudence n'est pas corroborée par les données récentes issues d'enquêtes et de classements

internationaux. Selon les données probantes tirées du Global Entrepreneurship Monitor (GEM), les Canadiens ont un fort esprit d'entreprise et d'après Langford *et al.* (2015) :

> Le Canada affiche le plus haut taux d'entrepreneuriat au stade précoce parmi les grands pays développés que la Banque mondiale considère comme des économies axées sur l'innovation, 14,7 % de la population adulte [entre 18 et 64 ans ayant] créé une entreprise au cours des trois dernières années ou dirigeant une entreprise de moins de trois ans et demi. Il est suivi de l'Australie (12,8 %) et des États-Unis (11,9 %). [traduction libre].

Dans une précédente analyse des données effectuée par le Conference Board, le Canada se classait troisième parmi les pays pairs selon ce critère, devancé seulement par les États-Unis et l'Australie (CBdC, 2015). Le Canada occupe également la troisième position (derrière les États-Unis et la Suisse) à l'indice d'entrepreneuriat établi par le Global Entrepreneurship and Development Institution d'après des résultats d'enquêtes évaluant les attitudes et les aptitudes entrepreneuriales et des indicateurs de l'infrastructure économique (GEDI, 2017). Les enquêtes et classements entre les pays soulignent également un environnement relativement propice au démarrage d'entreprise. Selon l'enquête sur la facilité de faire des affaires de la Banque mondiale, le Canada se situe au deuxième rang des pays où il est le plus facile de lancer une entreprise (Banque mondiale, 2017). De plus, selon le *2017 Global Start-Up Ecosystem Report*, Toronto–Waterloo et Vancouver figurent parmi les 20 meilleures régions du monde où démarrer une entreprise technologique (Startup Genome, 2017). Les entrepreneurs canadiens bénéficient aussi d'un éventail de plus en plus large et diversifié d'organismes d'aide aux entreprises en démarrage (encadré 6.4).

Encadré 6.4
Organismes d'aide aux entreprises en démarrage au Canada

Au Canada, 146 organismes d'aide aux entreprises en démarrage prêtent actuellement assistance aux entrepreneurs à divers stades de la création d'entreprise : 79 incubateurs d'entreprises, 29 accélérateurs d'entreprises, 21 organismes de commercialisation et 17 centres (DEEP Centre, 2015). Ces organismes sont dirigés par des entités privées, des gouvernements, des universités ou des OSBL tels que les hôpitaux (DEEP Centre, 2015). Ils sont surreprésentés en Ontario (qui héberge 50 % d'entre eux), mais se trouvent aussi principalement en Colombie-Britannique (19 %), au Québec (17 %) et en Alberta (10 %).

suite à la page suivante

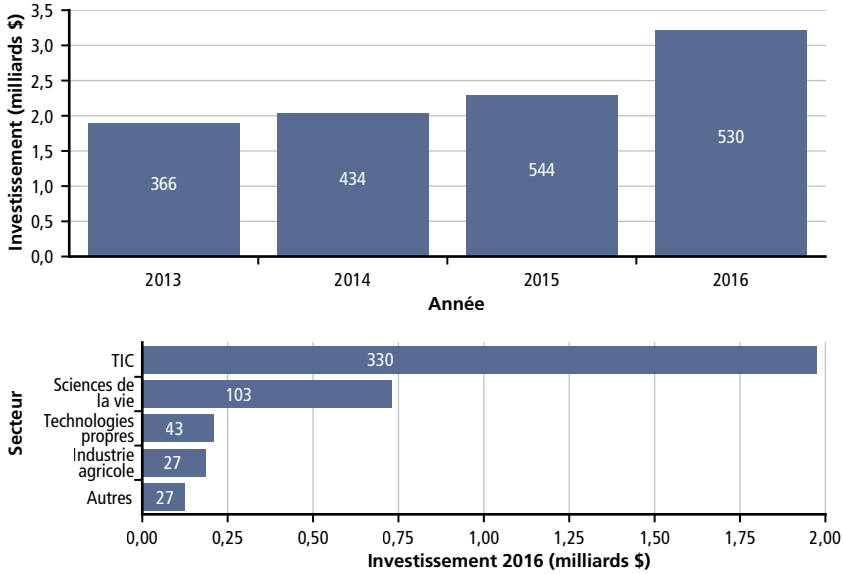
Une analyse de 20 grands accélérateurs et incubateurs canadiens réalisée par le DEEP Centre montre que ces organismes procurent plus de 1,7 milliard de dollars d'investissements de suivi, desservent près de 1 500 clients (avec un investissement moyen d'environ 500 000 $) et sont à l'origine de la création de 10 000 emplois (DEEP Centre, 2015). Cependant, en l'absence de cadre de communication de l'activité et des résultats normalisé à l'échelle du pays, il n'est pas possible de conclure grand-chose au sujet de leur impact économique au Canada. L'analyse relève également que les accélérateurs et les incubateurs manquent encore d'histoires à succès distinctes (DEEP Centre, 2015).

Un modèle attire de plus en plus l'attention depuis quelques années, le Creative Destruction Lab (CDL) hébergé à l'École de gestion Rotman de l'Université de Toronto. Le CDL permet aux innovateurs et aux entrepreneurs prometteurs d'accéder à des professionnels expérimentés susceptibles de les aider à résoudre les difficultés rencontrées pour passer du prédémarrage au démarrage (CDL, 2017). Le programme donne aussi accès à des ateliers avec les professeurs de l'École, à des services juridiques et comptables offerts par des fournisseurs de renom et à des solutions de financement par l'intermédiaire de conseillers et d'investisseurs du secteur institutionnel et privé. Depuis sa mise sur pied, le CDL a pris de l'ampleur et propose maintenant des programmes à Toronto, Vancouver, Halifax, Montréal et Calgary, et possède un programme destiné aux entreprises en démarrage du domaine de l'apprentissage machine. Les diplômés du programme ont aujourd'hui une valeur collective estimée à plus de 600 millions de dollars (Silcoff, 2017).

Les données de l'OCDE montrent que le taux d'entrée d'entreprises (le rapport entre les nouvelles entreprises et les entreprises existantes) au Canada a augmenté entre 2011 et 2014 et que le pays est un des seuls membres de l'OCDE à afficher un taux supérieur à ce qu'il était avant la crise financière (OCDE, 2016c). Toutefois, une analyse du Conference Board du Canada a constaté que le taux d'entrée d'entreprises est faible au Canada par rapport aux pays pairs. Ce taux était de 7 % en 2012, soit approximativement la moitié de celui des premiers pays comme la Finlande et le Royaume-Uni (CBdC, 2015), mais il est similaire à ce qu'il est aux États-Unis (Hathaway et Litan, 2014). Toutefois, considéré sur une longue période, le taux d'entrée d'entreprises est en baisse au Canada et aux États-Unis (Hathaway et Litan, 2014; CBdC, 2015). Le recul nord-américain n'a pas de causes claires, mais il fait craindre, en particulier aux États-Unis, que le dynamisme du secteur des affaires régresse graduellement, faisant ainsi planer une menace sur l'innovation et les gains de productivité dans l'avenir. Pour ce qui est du Canada, l'OCDE relève également que les femmes et les Autochtones demeurent sous-représentés chez les fondateurs de PME (OCDE, 2016c).

6.3.4 Financement au moyen de capital de risque

Dans son rapport sur l'innovation au Canada (CAC, 2009), le CAC mentionne le manque de profondeur du marché du capital de risque au pays comme un frein potentiellement important à l'innovation. À l'époque, le flux canadien de capital de risque était faible comparativement à la plupart des autres pays, et surtout des États-Unis. Cependant, le Canada a connu une grande amélioration ces dernières années avec la hausse de l'investissement et du nombre d'ententes. En 2016, le pays a enregistré une septième année consécutive de croissance du capital de risque et sa hausse la plus élevée depuis 2001 (Pinto *et al.*, 2016). L'investissement en capital de risque a augmenté de 41 % depuis 2015, pour s'élever à 530 ententes totalisant 3,2 milliards de dollars (figure 6.6). Cet accroissement, allié à la baisse de l'investissement dans de nombreux pays d'Europe, a catapulté le Canada du statut de pays parmi les faibles à pays parmi les plus forts (CBdC, 2015). Désormais, seuls les États-Unis et Israël font mieux en ce qui concerne l'investissement en capital de risque par rapport au PIB (figure 6.7).

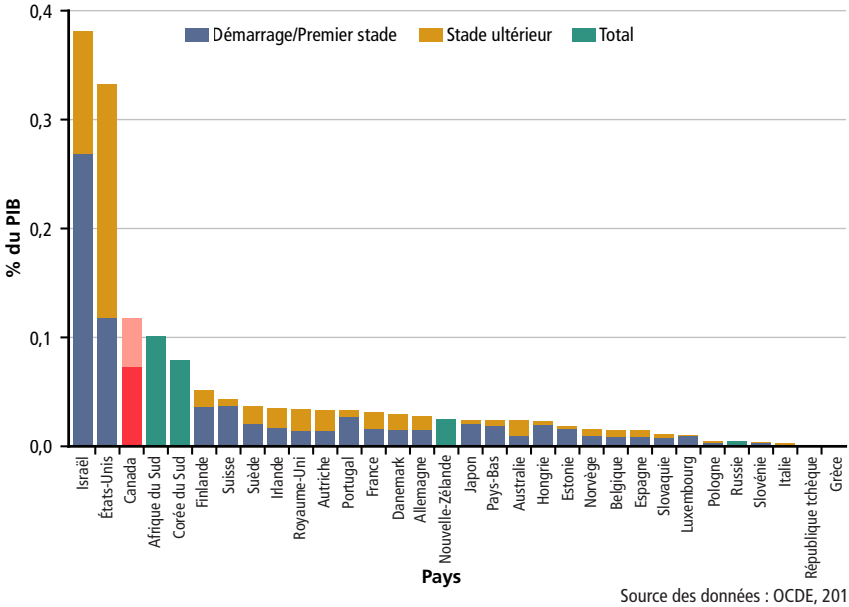


Source des données : Pinto *et al.*, 2016

Figure 6.6

Tendances d'investissement de capital de risque au Canada, 2013–2016

Les investissements de capital de risque ont augmenté notablement au Canada ces dernières années, atteignant plus de 3 milliards de dollars en 2016. Ils sont principalement concentrés dans le secteur des TIC en Colombie-Britannique, en Ontario et au Québec. Conformément à la tradition, la majorité des ententes de capital de risque au Canada en 2016 concernaient de nouvelles entreprises dans le domaine des TIC et des sciences de la vie. Les chiffres dans les barres sur les deux graphiques représentent le nombre d'ententes.



Source des données : OCDE, 2016c

Figure 6.7

Investissements de capital de risque en pourcentage du PIB, 2015

Le niveau des investissements de capital de risque au Canada a augmenté ces dernières années et, exprimé en proportion du PIB, dépasse à présent celui des autres pays, sauf les États-Unis et Israël.

Une étude réalisée par le Conference Board du Canada relève deux facteurs clés derrière cette inversion (Munro, 2015). Premièrement, la forte augmentation du capital de risque en provenance des États-Unis au Canada. Historiquement, les entreprises étrangères représentaient environ 30 % de l'investissement annuel en capital de risque au Canada, les États-Unis à eux seuls comptant pour plus de 37 % du total en 2014. Entre 2012 et 2013, la hausse de l'investissement en provenance de ce pays a constitué plus de 90 % de l'augmentation de l'investissement au Canada. Deuxièmement, si la situation en ce qui concerne le capital de risque s'est améliorée au Canada après la crise financière mondiale, elle s'est notablement détériorée dans de nombreux pays. Plusieurs pays pairs ont observé une baisse considérable de cette forme d'investissement, notamment l'Australie (–67 %), la Belgique (–65 %) et la Norvège (–61 %). Dans l'environnement plus concurrentiel qui a suivi la récession, le classement du Canada s'est amélioré à mesure que l'Australie et les pays d'Europe faisaient face à une rareté croissance du financement par capital de risque.

La mise sur pied par le gouvernement fédéral du Plan d'action sur le capital de risque en 2014 a également facilité l'accroissement de la disponibilité du capital de risque au Canada. Conçu pour établir et reconstituer le capital des fonds de fonds de grande ampleur gérés par le secteur privé, le Plan crée un effet de levier à partir des 340 millions de dollars injectés par le gouvernement fédéral pour parvenir à un total de plus de 1,4 milliard de dollars de nouvel investissement en capital de risque (CVCA, 2017).

Un avantage accessoire de la hausse du flux de capital de risque est que les entreprises canadiennes ont également un meilleur accès à une expertise en gestion externe (Munro, 2015). Cependant, le rendement relatif du Canada continue aussi à dépendre fortement de sa position dans le marché nord-américain, où les entreprises canadiennes peuvent encore être désavantagées face aux entreprises américaines. Comme Munro (2015) le fait remarquer : « Même si le Canada est devenu une des principales destinations de l'investissement en capital de risque, les entreprises aux États-Unis continuent à attirer le capital de risque à un rythme supérieur et à conclure des ententes deux fois plus grosses que celles signées en moyenne par les entreprises canadiennes ». [traduction libre]

6.3.5 Croissance des entreprises, création d'emplois et dynamique du marché

En 1999, Google était une entreprise Web en démarrage de huit personnes logée dans un garage. Cinq ans plus tard, elle employait quelque 3 000 personnes et en 2010, elle comptait plus de 24 000 employés à temps plein (Dixon et Rollin, 2014). Au Canada, BlackBerry a suivi une trajectoire similaire, passant de 200 employés en 1998 à 17 000 en 2012 (Dixon et Rollin, 2014). Google et BlackBerry constituent des exemples de ce que les économistes appellent des *entreprises à forte croissance*[63]. La recherche démontre régulièrement que ces entreprises ont une puissante action sur l'économie, comptent pour une large part de la création d'emplois et de la production des bénéfices économiques connexes. Dans une étude faisant autorité, Birch (1979) a montré que les petites entreprises à croissance rapide aux États-Unis étaient à l'origine de la majorité des emplois créés. Des études ultérieures ont confirmé cette tendance dans de nombreuses autres situations. Storey (1994) a relevé que 4 % des entreprises avaient créé 50 % des emplois. Au Royaume-Uni, un rapport de Nesta s'appuyant sur une recherche similaire a constaté que 6 % des entreprises

63 En raison des différences méthodologiques dans la manière dont sont définies et analysées les entreprises à forte croissance, les études ne sont pas toujours rigoureusement comparables (Côté et Rosa, 2017). Selon la définition statistique la plus couramment utilisée, une entreprise à forte croissance est une entreprise qui, partie de 10 employés ou plus, a connu une hausse de son effectif de plus de 20 % par an sur au moins trois ans (Coad *et al.*, 2014; OCDE, 2015c).

étaient responsable de 49,5 % des emplois créés entre 2002 et 2008 (Nesta, 2009). Daunfeldt *et al.* (2015) ont conclu qu'en Suède, les 6 % des entreprises ayant connu la croissance la plus rapide avaient créé 42 % des nouveaux emplois entre 2005 et 2008. Ce phénomène s'applique aussi au Canada. Une étude d'Industrie Canada a révélé que les entreprises à forte croissance sont à l'origine de près de 1 million des 1,8 million d'emplois nets créés sur 15 ans (Parsley et Halabisky, 2008). Dixon et Rollin (2014) ont, eux, constaté que ces entreprises représentaient 85 % de la création d'emplois totale au Canada entre 2000 et 2009.

Heureusement, les données probantes ne portent pas à croire que le Canada souffre d'une insuffisance générale d'entreprises à forte croissance par rapport aux autres économies avancées. Ces entreprises représentent entre 2 et 6 % de l'ensemble des entreprises dans les pays de l'OCDE, si l'on tient compte de l'emploi (OCDE, 2015c). D'après les données de l'OCDE, le Canada serait dans la tranche supérieure de cette distribution, 4,5 % des entreprises industrielles répondaient aux critères d'une entreprise à forte croissance en 2013 (OCDE, 2016c). Les comparaisons internationales donnent à penser que la dynamique des entreprises est plus variable aux États-Unis qu'en Europe, les premiers cités comptant une plus grande proportion d'entreprises à forte croissance et à faible croissance (négative) (Bravo-Biosca *et al.*, 2014). Le Canada ressemble aux États-Unis à cet égard. Selon les toutes dernières données de l'OCDE (2016c), il possède globalement une plus grande proportion d'entreprises industrielles à forte croissance, mais une plus faible proportion dans le secteur des services. Le pourcentage y est par contre particulièrement élevé dans le secteur de la construction.

On peut retrouver des entreprises à forte croissance dans tous les secteurs d'activité, mais la tendance à l'échelle de l'économie peut ne pas refléter avec précision la dynamique des entreprises dans le secteur technologique. Une étude menée en 2008 a constaté que la majorité des 20 premières industries selon le pourcentage d'entreprises à forte croissance au Canada ne se situaient pas dans des secteurs à haute intensité de connaissances (Parsley et Halabisky, 2008). Fait crucial, si le Canada ne semble pas manquer d'entreprises à forte croissance, les jeunes entreprises ne soutiennent pas la croissance à mesure qu'elles prennent de la maturité comparativement aux entreprises aux États-Unis en Europe. Le Canada tend à se situer plus haut au classement des pays de l'OCDE en ce qui concerne le *taux de gazelles* — proportion d'entreprises à forte croissance de moins de cinq ans (OCDE, 2011a). Ce constat semble signifier que les entreprises canadiennes ont du mal à soutenir un taux de croissance élevé à mesure qu'elles prennent de l'âge, particulièrement si on les compare avec des entreprises similaires de pays tels que les États-Unis et Israël (Deloitte, 2012).

La Banque de développement du Canada (BDC) a constaté que le nombre de moyennes entreprises canadiennes (de 100 à 499 employés) avait baissé de 17 % entre 2006 et 2010 (BDC, 2013), la chute la plus prononcée s'étant produite dans le secteur manufacturier et en Ontario[64]. Cette baisse a des répercussions économiques importantes. Si les moyennes entreprises constituent moins de 1 % du total des entreprises canadiennes, elles représentent 16 % de l'emploi au Canada et génèrent 12 % du PIB et 17 % des exportations (BDC, 2013).

L'incapacité des entreprises canadiennes à croître nationalement peut aussi découler des aspirations des entrepreneurs canadiens, la grande majorité d'entre eux ayant l'intention de se départir de leur entreprise par acquisition ou fusion dans les six prochaines années (PwC, 2015). Lors d'une enquête réalisée auprès des entrepreneurs technologiques au Canada, seuls 6 % ont répondu prévoir ouvrir leur entreprise par une introduction en bourse. Par comparaison, près des deux tiers s'attendent à voir leur entreprise acquise (PwC, 2015). Comme le relève l'étude :

> [C]ela peut créer une situation où les innovateurs canadiens se mettent à créer des produits à vendre plutôt que des entreprises à faire croître. Et les gouvernements qui investissent des sommes considérables pour faire croître et soutenir la technologie et l'entrepreneuriat canadiens risquent de voir ces fonds profiter en fin de compte à des entreprises situées en dehors du Canada [...] Si le Canada effectue un formidable travail en matière de lancement d'entreprises technologiques, ses résultats ne sont pas très bons en ce qui a trait à la création d'entreprises durables et innovantes. [traduction libre]
>
> (PwC, 2015)

L'acquisition d'entreprises canadiennes en démarrage par des entreprises étrangères peut faire en sorte qu'une grande partie du bénéfice économique tiré de l'innovation profite à d'autres pays, principalement aux États-Unis. Par rapport à une entreprise qui prend de la maturité au Canada et croît pour devenir un gros employeur national qui paie des impôts au Canada, les entreprises technologiques en démarrage canadiennes acquises par des intérêts étrangers peuvent ne produire que de faibles bénéfices pour le Canada (même s'il s'agit d'une stratégie de sortie rationnelle et rentable pour les fondateurs). L'ampleur de la perte économique pour le pays dépend également du volume

64 La BDC (2013) a formulé l'hypothèse que cette baisse témoigne de la réorientation mondiale de la production manufacturière vers l'Asie et de l'appréciation du dollar canadien durant cette période, ce qui a nui aux exportateurs. Il s'en est suivi une perte générale de moyennes entreprises au profit du commerce de détail, de l'alimentation et de l'hébergement et des services aux entreprises.

d'activités de l'entreprise déménagées après l'acquisition. Les acquisitions par des étrangers ne résultent pas toujours dans le déplacement des activités, et l'entreprise peut continuer à croître au Canada. Le produit de la vente d'une entreprise peut aussi être réinvesti au Canada, par exemple, pour financer une autre entreprise en démarrage, et continuer ainsi à contribuer au développement économique local.

Les retombées économiques des entreprises à forte croissance suscitent de plus en plus l'intérêt des décideurs (Coad *et al.*, 2014). Au Canada, dans son budget de 2017, le gouvernement fédéral a annoncé son intention de créer de nouveaux mécanismes d'aide aux « entreprises à fort impact » (GC, 2017). Cependant, la recherche donne à penser qu'il est difficile de cibler le soutien parce qu'il est extrêmement difficile de cerner à l'avance les entreprises à forte croissance (Coad *et al.*, 2014). Elle montre également que le gouvernement devrait plutôt faire en sorte que les conditions générales soient favorables à leur émergence. Une étude menée par la BDC a relevé que les entreprises à forte croissance au Canada se heurtent à de nombreux obstacles à la croissance, notamment en ce qui concerne le financement, la main-d'œuvre, l'accès aux nouveaux marchés et les habiletés de gestion (BDC, 2015). Les défis relatifs au financement peuvent devenir majeurs si les mécanismes en place ne sont pas suffisamment souples pour répondre aux besoins des entreprises qui vivent une période de croissance rapide (BDC, 2015).

6.3.6 Compétences et expérience en gestion

Les précédentes évaluations du rendement en innovation du Canada ont relevé le manque de compétences et d'expérience en gestion comme une entrave pour les entreprises canadiennes. Dans un de ses rapports, le CAC (2009) constate qu'aux États-Unis, une proportion bien supérieure d'employés de direction possèdent un diplôme universitaire comparativement au Canada. Et le pourcentage de dirigeants diplômés en gestion y est plus de deux fois plus élevé. Le rapport note : « On peut donc s'attendre à ce que cet écart se traduise par une différence entre les entreprises américaines et canadiennes, dans leur tendance à être au courant des technologies et des pratiques de gestion de pointe et à adopter ces technologies et ces pratiques » (CAC, 2009). Dans un autre rapport, le CAC (2015a) souligne que les compétences en STGM seules ne sont pas suffisantes pour accroître la productivité et que « [L]es compétences complémentaires, comme les habiletés en communication, l'esprit d'équipe et le leadership, sont aussi importantes en soi et pour maximiser l'impact des compétences en STGM ».

S'il manque d'indicateurs internationalement comparables de la disponibilité des compétences en gestion, quelques recherches ont découvert que des lacunes dans les programmes de formation aux affaires au Canada désavantagent les entreprises canadiennes. Une étude du Conference Board du Canada a constaté que si les employeurs canadiens louent généralement les diplômés canadiens en gestion, en affaires et en finance pour leurs compétences techniques et analytiques, ils trouvent que ces employés ont souvent besoin d'améliorer leurs habiletés en communication et leur potentiel de leadership (Munro, 2009). Les entreprises canadiennes et les chefs d'entreprise expriment fréquemment leurs difficultés à recruter des personnes possédant les compétences en gestion et en affaires adéquates. Par exemple :

- Lors d'une étude de la BDC sur les moyennes entreprises, 45 % des entreprises sondées ont indiqué que leurs principaux défis internes étaient l'acquisition et la rétention d'employés et le perfectionnement des talents ou de l'expertise (BDC, 2013).
- Dans un rapport de 2014 reposant sur une enquête menée auprès de 169 entreprises, le Conference Board du Canada a relevé qu'un des défis majeurs était de bâtir la filière de direction (Martin *et al.*, 2014).
- Dans des enquêtes annuelles sur les chefs d'entreprises réalisées par KPMG et par l'Ivey School of Business, 28 % des chefs d'entreprise canadiens mentionnent l'attraction des talents comme leur principal défi stratégique et 14 % soulignent le manque d'aptitude à la gestion comme l'une des principales entraves à la croissance des entreprises (KPMG Enterprise et Ivey Business School, 2015).
- Dans un rapport publié en 2015, PricewaterhouseCoopers a fait état que 14 % des entreprises en démarrage canadiennes axées sur la technologie avaient mentionné le recrutement d'une équipe de direction expérimentée comme un de leurs principaux problèmes (PwC, 2015).

On peut trouver d'autres données probantes sur la gravité de ces problèmes dans une récente enquête réalisée par le Lazaridis Institute de l'Université Wilfrid-Laurier auprès de 125 chefs et parties prenantes d'entreprise technologique canadiennes (Lazaridis Institute, 2016). Selon cette étude, 53 % des personnes interrogées pensent qu'une pénurie de talents en gestion ou en direction est le principal obstacle à l'expansion, et cette pénurie est considérée comme le problème à régler en priorité par tous les groupes de parties prenantes sondés. Si les compétences en STGM sont perçues comme abondantes, on constate un manque de compétences en gestion dans des domaines comme les ventes, le marketing, l'aménagement organisationnel, la conception et le développement de produit et la gestion de produit. Cette pénurie est perçue comme la conséquence de l'immaturité (c.-à-d. une rareté de gros investisseurs

en R-D matures affichant des revenus d'un milliard de dollars et plus) et du manque de densité dans le paysage technologique canadien, ce qui rend le recrutement encore plus ardu. Comme le notent les auteurs :

> Il est donc difficile d'attirer des talents technologiques ayant l'expérience de l'expansion, en raison du manque d'entreprises servant de points d'ancrage, qui sont insuffisamment développées au Canada. Il en résulte un écosystème qui excelle dans la création d'entreprises, mais incapable de les transformer en entreprises à forte croissance — celles à qui l'on doit la majorité de la croissance nette de l'emploi. [traduction libre]
>
> (Lazaridis Institute, 2016)

Cette insuffisance de gestionnaires expérimentés a aussi été relevée dans une étude similaire portant sur le secteur des TIC (Sloan et Dale, 2015). Celle-ci a noté l'accès aux talents comme un défi crucial, en particulier l'accès aux hauts dirigeants, tels que les directeurs généraux, les directeurs financiers et les dirigeants principaux de l'information. Ce constat fait écho à un rapport de l'Association canadienne de la technologie de l'information, qui a également découvert que le manque d'accès « à de hauts dirigeants habitués à transformer des entreprises en démarrage en entreprises mondiales de 100 millions de dollars » [traduction libre] empêche la croissance des entreprises technologiques canadiennes (Gupta, 2012). Le manque de compétences en gestion se fait particulièrement sentir lorsqu'il s'agit de guider les entreprises pour pénétrer un marché plus gros comme les États-Unis sans l'aide d'une société de capital de risque locale ou d'un partenaire majeur ou sans recourir à l'acquisition. Trouver les compétences en vente et en soutien sur place et savoir comment traiter la propriété intellectuelle et les contrats, fixer les prix de cession, effectuer la comptabilité internationale et remplir les déclarations de revenus aux États-Unis sont souvent des obstacles pour les petites entreprises canadiennes présentant de fortes perspectives de croissance. Selon un directeur général canadien qui a répondu à l'étude du Lazaridis Institute :

> Il s'agit de trouver un talent qui a déjà vécu ce genre de situation. Il en existe très peu au Canada, car nous n'avons tout simplement pas d'entreprises qui sont passées par des phases de forte croissance. Nous avons besoin d'un bassin plus étendu de gens qui connaissent les voies de la croissance exceptionnelle et les marchés technologiques exceptionnellement dynamiques. [traduction libre]
>
> (Lazaridis Institute, 2016)

6.4 CONCLUSION

La situation du Canada, qui excelle dans la production et l'impact de la recherche, alors qu'il affiche de faibles performances en investissement dans la R-Di et dans l'innovation (notamment une croissance de la productivité inférieure à la moyenne), constitue un paradoxe (CAC, 2013c), et laisse fréquemment supposer que des goulots d'étranglement ou des obstacles entravent le flux de concrétisation de la recherche canadienne en applications commerciales. Cette supposition sous-tend la quatrième sous-question du mandat du comité d'experts, qui demande d'analyser ces obstacles. Cependant, dans l'ensemble, les données probantes n'étayent pas la prémisse de cette question. La transformation de la R-D en innovation et en création de richesse est un processus complexe et multidimensionnel, ce qui rend difficile de définir avec certitude une cause unique à l'insuffisance de l'innovation perçue au Canada. Selon l'avis du comité d'experts, la capacité du Canada à traduire ses points forts et ses réalisations de recherche en innovation technologique ne se heurte pas à des barrières systémiques majeures. En revanche, la traduction des innovations technologiques en création de richesse fait face à d'importants obstacles.

Le tableau 6.2 résume les divers obstacles examinés par le comité d'experts et les principales données probantes utilisées. En ce qui concerne la traduction de la recherche en innovation, nombre des facteurs couramment mentionnés ne peuvent pas être tenus responsables de façon concluante de la faiblesse générale du rendement du Canada en matière d'innovation par rapport à d'autres pays. Les relations entre le milieu académique et les entreprises semblent solides si l'on se fie à l'ampleur du financement de la R-D intersectorielle et à la hausse des partenariats entre le milieu académique et l'industrie. Le système d'éducation est extrêmement performant selon les normes internationales et il ne semble pas avoir de carence généralisée de chercheurs ou de compétences en STGM. Il est également peu probable que la diversité des politiques sur la propriété intellectuelle dans les universités explique les différences de taux d'innovation entre les établissements canadiens et américains, même si les universités et les gouvernements canadiens pourraient se montrer plus actifs dans l'aide aux entreprises à lutter sur le plan de la gestion et de la stratégie relatives à la propriété intellectuelle. Problématique il y a dix ans, l'accès au capital de risque au Canada s'est considérablement amélioré. Dans l'ensemble, les entreprises technologiques en démarrage et les écosystèmes d'entreprises en démarrage s'épanouissent dans de nombreux secteurs et régions, démontrant ainsi leur aptitude à exploiter les avancées de la recherche pour concevoir et proposer des produits et des services innovants.

Transformer ces entreprises en entreprises de grande taille, matures et à forte intensité de R-D présente d'autres défis. Si les conditions macroéconomiques générales au Canada sont propices au développement des affaires, l'étroite intégration des économies canadiennes et américaines a peut-être restreint la capacité de nombreuses entreprises canadiennes à suivre des stratégies d'innovation tournées vers les utilisateurs finaux et axées sur les produits et services à plus grande valeur ajoutée. Le Canada est de plus en plus réputé comme un pays favorable aux entrepreneurs; cependant, un grand nombre de ces derniers ont l'intention de vendre leur entreprise à des investisseurs étrangers, plutôt que de les faire croître à l'échelle nationale. Une des principales raisons de cet état de fait est l'insuffisance au Canada de l'expérience en gestion et des compétences en propriété intellectuelle requises pour guider les entreprises technologiques traversant des périodes de rapide expansion sur les marchés internationaux. De plus, les crédits d'impôt de R-D canadiens sont plus concurrentiels pour les petites entreprises que pour les grandes, ce qui fait du Canada un meilleur endroit pour lancer des entreprises technologiques que pour les faire croître. Le résultat est un déficit d'entreprises technologiques développées proportionnellement au pays. L'acquisition étrangère d'entreprises en démarrage canadiennes n'annule pas les bénéfices économiques que ces entreprises apportent au Canada; cependant, elle les limite, ceux-ci dépendant de l'ampleur des activités demeurant au Canada et des développements qui s'y produiront.

Tableau 6.2

Principaux obstacles à la traduction de la R-D en innovation et à la création de richesse au Canada – Résumé

Obstacle	Importance	Tendance	Données probantes
Obstacles à la traduction de R-D en innovation			
Commercialisation de la recherche universitaire	Moyenne	—	• Peu de BTT canadiens ont établi de solides flux de revenus de commercialisation. • Les données de l'AUTM montrent que les universités canadiennes profitent de flux de licences et de revenus technologiques inférieurs à ceux des établissements américains. • Il manque cependant de données internationalement comparables sur de nombreux autres indicateurs de commercialisation de la recherche.
Différence culturelle entre le milieu académique et les entreprises	Moyenne	—	• Les structures d'encouragement, les priorités professionnelles et les cultures diffèrent entre le milieu académique et l'industrie. • Cet écart est peut-être pire au Canada que dans d'autres pays, bien qu'on ne dispose pas de preuves certaines.
Relations entre le milieu académique et les entreprises et capacité de réception	Moyenne	↑	• Le taux comparativement élevé de R-D de l'enseignement supérieur financée par l'industrie au Canada porte à croire que les liens entre le milieu académique et les entreprises sont solides. • Le nombre de partenariats de recherche intersectorielle augmente en réponse aux programmes de partenariat du CRSNG et d'autres organismes fédéraux. • La faible capacité de réception des entreprises pour la nouvelle recherche est due à un manque de grandes entreprises établies investissant dans la R-D.
Politiques sur la propriété intellectuelle des universités	Faible	—	• Les politiques sur la propriété intellectuelle varient d'un établissement à l'autre, mais sont souvent comparables à celles en vigueur aux États-Unis. • Les données probantes laissent penser que différents modèles (p. ex. Waterloo ou Stanford) peuvent être tout aussi efficaces à promouvoir la commercialisation de la recherche. • De plus en plus de données probantes montrent que les universités et les gouvernements pourraient en faire plus pour aider les entreprises canadiennes à lutter à l'étranger en ce qui concerne la gestion et la stratégie relatives à la propriété intellectuelle.

suite à la page suivante

Obstacle	Importance	Tendance	Données probantes
Chercheurs, compétences et mobilité	Faible	↑	• Le Canada bénéficie d'une population en général fortement instruite et ses étudiants obtiennent d'excellents résultats aux évaluations internationales en sciences et en mathématiques (scores au PISA de l'OCDE). • Le nombre de titulaires de doctorat en STGM au Canada augmente et aucune donnée n'indique une pénurie de compétences en STGM au pays, bien qu'il existe certaines carences localement. • Aucune donnée probante internationale solide ne permet d'évaluer les différences de mobilité de la recherche dans les divers secteurs.
Obstacles à la traduction de l'innovation en création de richesse			
Contexte macroéconomique	Faible/ Moyenne	—	• Le Canada bénéficie d'un contexte macroéconomique stable, d'une bonne gestion fiscale, d'une faible inflation et d'un taux d'imposition des entreprises concurrentiel (le plus faible du G7). • Le Canada offre une aide fiscale modérée à élevée à la R-D des entreprises, par le biais du crédit d'impôt du RS&DE. • Cependant, la compétitivité internationale du RS&DE pour les grandes entreprises est bien plus basse que pour les petites entreprises.
Intégration économique Canada–États-Unis	Moyenne	↑	• L'étroite intégration des chaînes d'approvisionnement en Amérique du Nord a mené les entreprises canadiennes à adopter des stratégies d'innovation de « succursale », laissant la plupart du temps l'innovation de pointe axée sur les utilisateurs finaux aux entreprises américaines. • L'actuel équilibre canadien basé sur une faible innovation pourrait être perturbé par les tendances économiques, technologiques et sociales mondiales.
Entrepreneuriat	Faible	↑	• Selon des enquêtes et les classements internationaux, les Canadiens ont un fort esprit d'entreprise et le Canada offre un climat propice à l'entrepreneuriat. • Le Canada se classe très bien pour la facilité de créer des entreprises. • Cependant, le taux d'entrée d'entreprises y est faible par rapport aux pays pairs et peu de femmes et d'Autochtones participent à la création d'entreprise.

suite à la page suivante

Obstacle	Importance	Tendance	Données probantes
Financement à l'aide de capital de risque	Faible	↑	• Le capital de risque canadien a sensiblement augmenté ces dernières années, alors que la disponibilité de ce capital dans certains pays pairs a chuté après la crise financière mondiale. • Les entreprises canadiennes font toujours face à des défis et à des limites par rapport aux entreprises américaines.
Croissance des entreprises et dynamique du marché	Élevée	—	• La proportion d'entreprises à forte croissance au Canada est comparable à ce qu'elle est aux États-Unis et dans les autres pays de l'OCDE. • La proportion de jeunes entreprises à forte croissance y est cependant plus élevée, ce qui laisse croire que les entreprises canadiennes ne soutiennent pas la croissance à mesure qu'elles prennent de la maturité. • La plupart des fondateurs d'entreprises technologiques en démarrage au Canada prévoient vendre leur entreprise dans les six ans. • Le taux élevé d'acquisitions étrangères d'entreprises technologiques en démarrage canadiennes peut entraîner une diminution des bénéfices économiques pour le Canada, car les étapes ultérieures d'expansion et de croissance peuvent se dérouler dans d'autres pays.
Compétences et expérience en gestion	Moyenne/ Élevée	—	• Les chefs d'entreprise canadiens expriment constamment leurs difficultés à recruter de personnes dotées des compétences et de l'expérience en gestion adéquates. • Plus précisément, des enquêtes récentes semblent indiquer que le Canada manque de l'expérience et des compétences en gestion nécessaires pour développer proportionnellement les entreprises technologiques lorsqu'elles s'attaquent aux marchés mondiaux.

La colonne « Tendance » indique le sens de l'évolution de l'obstacle. Une flèche montante signale que l'obstacle diminue d'intensité avec le temps, alors qu'un tiret signale que la tendance perdure.

7

Conclusions

7 Conclusions

Au 21e siècle, la prospérité, la compétitivité et le bien-être nationaux sont inextricablement liés à la capacité de R-D et d'innovation du pays. Le monde semble aujourd'hui sur le point de vivre de profondes transformations économiques, sociales et technologiques, car une combinaison de progrès dans les technologies numériques, en biotechnologie, dans les procédés de production en réseau et dans les systèmes de transport autonomes promettent d'immenses bénéfices, tout en menaçant de constituer une source de perturbations industrielles et sociétales importantes. Que ce soit en intelligence artificielle, en techniques de modification du génome, en économie comportementale ou en science du climat, les avancées actuelles de la R-D définiront les contours de la société des décennies à venir. Les pays qui appuient stratégiquement la R-D et l'innovation profiteront des prochaines avancées et découvertes de la recherche. Mais ceux qui n'offrent pas ce soutien risquent de ne pas pouvoir participer à la recherche de pointe et récolter ses bénéfices sociaux, environnementaux et économiques. Ils risquent également de ne pas découvrir des indicateurs fondamentaux. Parce qu'ils mettent en lumière une multitude de phénomènes, des forces à l'origine de l'expansion de l'univers aux mécanismes de nos histoires communes, les chercheurs canadiens étendent graduellement notre bagage collectif de connaissances.

Confronté à la tâche d'évaluer l'état de la R-D au Canada, le comité d'experts a effectué un examen intensif des données probantes portant sur tous les volets de la R-D, de l'investissement à l'infrastructure, en passant par les publications et les brevets. Il a également analysé à quel point la R-D canadienne soutient efficacement l'innovation et la création de richesse. Il a résulté de ces travaux un corpus de données probantes multidimensionnelles, mais toutes les tendances ne peuvent être facilement synthétisées dans une même description et une même histoire nationale cohérente. Les tendances et le rendement en R-D varient selon l'organisme de recherche, le domaine et le sous-domaine d'étude et le secteur et l'industrie. Certains champs de recherche témoignent de l'intérêt et de l'activité d'une communauté internationale de savants; d'autres, s'ils ne sont pas moins importants, portent sur des problèmes locaux ou régionaux. Les données dressent un portrait agrégé, mais passent souvent à côté de niches d'excellence en R-D résidant dans les universités, les collèges, les entreprises et les organismes de recherche partout au Canada. Il serait impossible pour un rapport tel que celui-ci de rendre compte de toute la complexité et la diversité des activités de recherche au pays. Les chercheurs, les établissements de recherche et les décideurs sont encouragés à réaliser leur propre examen de l'étendue des données générées pour cette étude (celles présentées dans le présent rapport et en appendice) et de formuler leurs propres questions et commentaires.

Cependant, s'appuyant sur l'ensemble des données probantes disponibles, le comité d'experts en est venu à sept conclusions quant à l'état actuel de la R-D au Canada:

1) Le Canada demeure un grand contributeur mondial de la recherche et son apport est important dans un grand nombre de domaines.

Les données bibliométriques et celles provenant d'enquête recueillies par le comité d'experts portent à croire que le Canada demeure un grand contributeur de la recherche dans une vaste gamme de domaines. Le Canada continue à représenter une grande proportion des publications de recherche, il se classe au neuvième rang dans le monde pour les publications produites entre 2009 et 2014. La croissance de la production de la recherche canadienne est également relativement solide; entre 2003 et 2014, elle dépassait celle de nombreux pays développés, dont la France, l'Allemagne, le Japon, le Royaume-Uni et les États-Unis. Cependant, dans tous ces pays, la production de recherche est de plus en plus éclipsée par la rapide hausse du nombre de publications produites par la Chine. En 2014, la Chine représentait 22 % des publications mondiales (en comptes entiers) et si l'on se fie aux récentes tendances, elle a aujourd'hui probablement dépassé les États-Unis comme premier producteur mondial de recherche.

Les indicateurs donnent à penser que le Canada a maintenu son rang ces dernières années en ce qui a trait à l'impact de la recherche. Il se classe sixième de tous les pays au critère standard de l'impact des citations (p. ex. MCR). La réputation internationale du Canada en matière d'excellence de la recherche demeure également forte, les chercheurs les plus cités le classant au quatrième rang mondial; il abrite des programmes et des installations de recherche parmi les meilleurs au monde dans de nombreux domaines. D'après les classements selon la MCR et à l'issue de l'enquête, le Canada a conservé sa position de tête dans les domaines cités dans le rapport sur la S-T 2012. Selon un indicateur composite de la force de la recherche construit à partir de l'*ampleur* (proportion canadienne des publications mondiale dans le domaine), de l'*impact* (MCR et classements selon la MCR) et de la *croissance* (croissance de la production de recherche canadienne par rapport au reste du monde), les domaines du premier quartile — points forts du Canada — sont arts visuels et arts de la scène, psychologie et sciences cognitives, médecine clinique, santé publique et soins de santé et philosophie et théologie. Dans le quartile inférieur, qui regroupe les domaines dans lesquels le Canada est moins compétitif à l'échelle internationale, on retrouve génie, communication et étude des textes, mathématiques et statistiques, technologies habilitantes et stratégiques et environnement construit et design. Combinées, les données bibliométriques et les données d'enquête révèlent que le Canada continue à produire de la recherche ayant un impact élevé dans la plupart des domaines.

2) Le statut international du Canada comme pays phare de la recherche est menacé en raison d'un recul soutenu de l'investissement privé et public dans la R-D.

Les points forts actuels de la recherche canadienne sont le résultat des investissements passés et du fait que son infrastructure, ses installations et son personnel de recherche se sont développés sur de nombreuses années. Les investissements gouvernementaux transformationnels dans l'infrastructure et les talents de recherche, par l'intermédiaire de la Fondation canadienne de l'innovation, des trois organismes et d'autres ministères et organismes, continuent à porter fruit en soutenant une recherche de premier plan dans des centres situés partout au pays. L'actuel bassin canadien de chercheurs de talent est le produit d'un processus de formation en place depuis des décennies, qui commence par l'acquisition de bases solides dans le système d'enseignement primaire et secondaire et se poursuit par l'éducation et la formation avancées.

Cependant, la stagnation ou le déclin des investissements des gouvernements et du secteur privé dans la recherche ces dix dernières années menacent désormais d'éroder la capacité du Canada à produire de la recherche de qualité dans le futur. Le Canada a constamment reculé ces dernières années par rapport aux autres pays au classement de l'OCDE selon les dépenses de R-D des entreprises, des gouvernements et même des établissements d'enseignement supérieur. Il est l'un des rares pays de l'OCDE à n'avoir enregistré pratiquement aucune croissance des dépenses nationales en R-D sur une période de 10 ans entre 2006 et 2015. Les chiffres sur les dépenses de R-Di, le personnel et des variables connexes indiquent un affaiblissement soutenu de la capacité de recherche canadienne et de sa compétitivité dans le secteur privé. Si elle ne transparaît pas encore dans les données sur la production et l'impact de la recherche, la diminution du financement de la R-D, en termes absolus et relatifs, nuira inévitablement à la compétitivité de la R-D canadienne dans le futur.

3) Le Canada ne produit pas de la recherche à des niveaux comparables à ceux des autres grands pays dans la plupart des technologies habilitantes et stratégiques.

En ce qui concerne la recherche dans la plupart des technologies habilitantes et stratégiques, le Canada est plus en queue qu'en tête de peloton. À l'exception de biotechnologie et de plusieurs sous-domaines importants des technologies de l'information et des communications, le Canada ne se classe pas parmi les cinq premiers pays à la MCR pour 2009–2014. Il produit aussi une faible proportion de la recherche mondiale dans ces domaines et ne soutient pas la concurrence face à d'autres grands pays dans nombre d'entre eux, comme énergie, matériaux, nanoscience et nanotechnologie et optoélectronique et photonique. Globalement, le niveau de spécialisation du Canada (c.-à-d.

l'IS) est notablement inférieur à la moyenne mondiale dans la plupart de ces domaines et son impact (c.-à-d. sa MCR) est approximativement équivalent à la moyenne du G7. Ces constats sont partagés par *L'examen du soutien fédéral aux sciences* (Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale, 2017), qui conclut également que le Canada ne réalise pas son potentiel de recherche dans des domaines tels que l'intelligence artificielle et la médecine régénérative, en dépit du travail de pionnier de ses chercheurs dans ces champs. Ces constatations sont inquiétantes; elles démontrent une incapacité à développer ce qui aurait pu être des domaines de R-D dans lesquels le Canada possède un avantage et qui apportent d'importants bénéfices à l'économie et à la société. Si le renouvellement de l'aide à la recherche canadienne sur l'intelligence artificielle peut inverser cette tendance dans un domaine, le Canada risque d'être marginalisé dans d'autres champs du développement technologique s'il ne soutient pas les travaux de recherche à des niveaux comparables à ceux des autres grands pays.

4) La recherche canadienne est comparativement moins spécialisée et moins estimée dans des champs essentiels des sciences naturelles et du génie.

La réputation internationale de la recherche canadienne (d'après les données d'enquête) est plus faible dans plusieurs domaines essentiels des sciences naturelles, comme mathématiques et statistiques, physique et astronomie, chimie et génie. Ce n'est pas une coïncidence, si ce sont également les champs de recherche dans lesquels le Canada affiche une faible spécialisation, et où il représente une plus faible proportion des publications de recherche que ce à quoi on pourrait s'attendre, bien que l'impact de la recherche soit élevé dans de nombreux sous-domaines, tels qu'astronomie et astrophysique. Cela constitue une autre menace pour le potentiel de R-D du Canada, c'est-à-dire sa capacité à s'orienter vers ce qui deviendra les frontières de la recherche en sciences naturelles et en génie. Tout comme les compétences et les capacités cognitives générales (p. ex. littératie, numératie, pensée critique) permettent à l'individu de s'adapter, la capacité de recherche dans les domaines essentiels des sciences naturelles contribue à la flexibilité de la recherche et favorise les connaissances, les compétences et l'expérience pouvant être appliquées à un vaste éventail de contextes et de problèmes d'étude. Le manque de spécialisation dans des disciplines scientifiques clés accroît la probabilité que le Canada soit incapable de participer de façon significative à la recherche dans des domaines qui émergeront dans l'avenir ou de pleinement profiter des technologies que cette recherche pourrait produire.

5) Les dépenses dans la R-Di canadienne sont en baisse et concentrées dans des industries où la R-D est intrinsèquement moins intensive. Malgré un piètre rendement global, le Canada possède des niches de points forts en R-D dans plusieurs industries.

Comparativement aux autres pays du G7, le portefeuille d'investissement dans la R-D du Canada est plus concentré dans des industries à faible intensité de R-D. Environ 50 % des dépenses de R-Di canadienne s'effectuent dans des secteurs de haute technologie (p. ex. TIC, aérospatiale, produits pharmaceutiques et automobiles), contre 80 % pour la moyenne du G7. L'intensité des DIRDE canadiennes est également inférieure à la moyenne de l'OCDE dans ces secteurs. Pour les secteurs de basse et de moyenne à basse technologie, la R-Di est moins essentielle à la stratégie d'affaires générale. Le Canada excelle dans les secteurs de basse technologie (p. ex. l'extraction de pétrole et de gaz, la foresterie, la machinerie et le matériel et la finance) et investit bien plus que la moyenne du G7 et selon une intensité bien supérieure dans certains cas. Globalement, ce modèle de dépenses reflète la structure industrielle traditionnelle du Canada et les caractéristiques de son activité économique.

Le comité d'experts a mesuré les points forts en R-Di à peu près de la même façon qu'il a mesuré les dépenses de R-Di des pays : selon l'ampleur, l'intensité et la croissance, et il en est ressorti trois constats. Premièrement, entre 2011 et 2015, sept industries canadiennes ont investi plus de 1 milliard de dollars en R-D par an : services de R-D scientifiques, conception de systèmes informatiques, fabrication de produits aérospatiaux, industrie de l'information et industrie culturelle, commerce de gros, extraction du pétrole et du gaz et fabrication de matériel de communication. Collectivement, ces sept industries représentaient plus de 60 % de la R-Di canadienne durant la période. Deuxièmement, seules 10 industries canadiennes sur les 45 ont investi plus de 5 % de leurs revenus dans la R-Di entre 2009 et 2013, dont services de R-D scientifiques (30,1 %), fabrication de matériel de communication (17,3 %), conception de systèmes informatiques (8,1 %) et aérospatiale (5,6 %). Troisièmement, la croissance des dépenses de R-Di était plus largement répartie entre 2006 et 2015, 18 industries affichant une croissance plus rapide que la moyenne de l'OCDE (2,6 %), avec en tête fabrication métallique, matériel de transport et commerce de détail. Dans cette même période, les dépenses avaient augmenté dans six des sept grandes industries, fabrication de matériel de communication constituant l'exception.

S'appuyant sur un indicateur composite fondé sur l'ampleur, l'intensité et la croissance, le comité d'experts a retenu quatre industries comme points forts de la R-D :

- Services de recherche et de développement scientifiques
- Conception de systèmes informatiques
- Fabrication de matériel de communication
- Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces

De récentes évaluations réalisées par Statistique Canada laissent envisager un affaiblissement des dépenses. Sous l'effet du recul de l'investissement dans l'extraction du pétrole et du gaz et dans les logiciels, la R-D des entreprises canadiennes devrait baisser de 2,8 % par an entre 2014 et 2017. S'il est incontestable que les dépenses dans la R-Di canadienne sont en déclin et sont concentrées dans des industries où la R-D est intrinsèquement moins intensive que dans les autres, le comité d'experts note que l'étiquetage « point fort » ou « point faible » peut être trompeur. Il néglige en effet les détails du contexte technologique, économique et social qui influence la R-Di. Il est donc important de connaître la dynamique propre à l'industrie.

6) Les obstacles qui se dressent entre l'innovation et la création de richesse au Canada sont plus importants que ceux séparant la R-D et l'innovation. Il en résulte une insuffisance d'entreprises technologiques en démarrage qui se développent proportionnellement et la perte de bénéfices économiques.

Le rendement du Canada en ce qui concerne l'innovation témoigne de la complexité de la dynamique entre la recherche fondamentale, le développement technologique et la commercialisation. On aurait tort de déduire de la relative insuffisance des dépenses de R-D des entreprises et des maigres résultats en matière de croissance de la productivité que le Canada souffre d'une carence d'innovation ou de barrières bien établies à la commercialisation de la recherche plus importantes que d'autres pays. Un examen complet des données probantes semble révéler que la situation est bien plus complexe.

Si les dépenses de R-D des entreprises ont continué à faiblir au Canada, les données agrégées de Statistique Canada et de l'OCDE — souvent en retard de deux ans et plus — peuvent exagérer les défis auxquels se heurtent aujourd'hui les entreprises technologiques canadiennes. Les tendances mondiales, telles que l'arrivée de la fabrication intelligente, l'impression 3D, l'adoption croissance de l'intelligence artificielle dans de nombreuses industries et la prolifération des modèles d'affaires reposant sur le concept de logiciel en tant que service (SaaS), ont amené une focalisation accrue sur les services et la conception technologiques. Selon l'opinion du comité d'experts, ce phénomène coïncide

avec les points forts du Canada et a contribué à l'émergence d'un solide secteur des TIC et à une pléthore d'entreprises en démarrage dans le domaine du logiciel. L'optimisme est à la hausse dans le secteur technologique canadien. De nombreux intervenants pensent que la masse critique a été atteinte dans le corridor Toronto–Waterloo, à Vancouver, à Ottawa et à Montréal, alimentant ainsi l'accélération de la croissance, l'expansion des possibilités de financement et l'apparition de nouvelles occasions de collaboration. On assiste également au retour des multinationales désireuses d'implanter leur centre de R-D au Canada afin de profiter des chercheurs de talent du pays, parfois lié à des plateformes technologiques cruciales, comme l'intelligence artificielle.

Grâce à l'abondance de chercheurs de talent et à la faiblesse des obstacles à la création d'entreprise, le Canada s'est également positionné comme un lieu propice aux entreprises technologiques en démarrage. De récentes évaluations internationales le situent en haut du classement au chapitre de l'activité entrepreneuriale. Quoiqu'il ne soit pas comparable à celui de la Silicon Valley, l'environnement de capital de risque au Canada s'est considérablement amélioré et est à présent extrêmement concurrentiel à l'échelle internationale. La réorientation vers les usines intelligentes et le SaaS est favorable à la compétitivité nationale du Canada en raison de la qualité de son personnel technique et de sa capacité en recherche sur le design. Le comité d'experts a trouvé peu de données probantes laissant penser que des obstacles systémiques entravent la traduction des points forts de la recherche canadienne en innovation.

Les barrières à la traduction de l'innovation en création de richesse sont toutefois plus importantes, surtout sur le plan de la croissance proportionnelle d'entreprises fructueuses. Les entreprises en démarrage canadiennes prometteuses sont souvent acquises et développées par d'autres pays, ce qui entraîne une perte de bénéfices économiques et commerciaux pour le Canada. De nombreux facteurs contribuent à cette situation, notamment la plus grande taille du marché américain et l'intérêt croissant de la Chine dans les activités commerciales canadiennes. Les universités et les gouvernements pourraient en faire plus pour aider les entreprises canadiennes à accéder aux brevets détenus par les universités et à acquérir des compétences avancées en gestion de la propriété intellectuelle, afin de leur permettre de lutter plus efficacement dans l'arène commerciale mondiale, où les stratégies relatives à la propriété intellectuelle sont vitales. Des données issues de récentes enquêtes auprès d'entreprises canadiennes et d'intervenants techniques semblent indiquer qu'un manque de talent en gestion et d'expérience dans le développement proportionnel des entreprises technologiques nuit considérablement au Canada. L'incapacité à développer de grandes entreprises en R-D à l'échelle nationale contribue à la carence de grands organismes de R-D et d'entreprises points d'ancrage, ce qui

réduit la capacité de l'industrie à absorber la recherche ainsi que l'ampleur de l'investissement du secteur privé dans la R-D. En outre, l'incapacité à faire croître les entreprises en démarrage fructueuses au Canada est un phénomène qui s'autoentretient. Le manque d'expérience en gestion pour le développement proportionnel d'entreprises technologiques à croissance rapide est une des principales raisons pour lesquelles les entreprises recherchent des acquéreurs étrangers, ce qui diminue les occasions d'acquérir l'expertise nécessaire au Canada.

7) Les limites des données continuent à restreindre l'évaluation de la R-D et de son excellence au Canada, particulièrement en R-Di et en sciences humaines et en arts.

Les limites et les faiblesses des données sont notées tout au long du rapport. Certaines de ces limites sont corrigées grâce à la modification de la méthodologie de collecte, comme dans le cas de Statistique Canada avec les données sur la R-Di. D'autres sont inhérentes à la source des données. Si elles sont utiles en procurant un instantané national des tendances de la recherche, les données bibliométriques ne peuvent que partiellement rendre compte de l'impact de la recherche et sont peu applicables à un certain nombre de domaines. De même, les brevets ne sont qu'une mesure d'évaluation des tendances en développement technologique. Le suivi des autres éléments de la propriété intellectuelle, comme l'utilisation des domaines, des droits de reproduction et des dessins, pourrait être amélioré. Il est possible d'utiliser d'autres indicateurs et méthodologies; cependant, à peu d'exceptions près, les données ne sont pas recueillies de façon assez large pour permettre les comparaisons internationales ou entre les domaines. L'enquête effectuée par le CAC auprès des chercheurs les plus cités compense certaines des faiblesses des indices pour l'évaluation de la recherche, mais elle a ses propres limites et biais. La plupart des indicateurs sont aussi de nature rétrospective (le financement de la R-D étant la principale exception) et révèlent les impacts et les tendances plusieurs années plus tard. Les décideurs pourraient bénéficier d'indicateurs plus prospectifs permettant de déceler les nouvelles tendances de la recherche à mesure qu'elles émergent. En l'absence de tels indices, les commentaires des experts continuent à constituer une source essentielle de données probantes sur les champs de recherche qui émergent comme domaines possibles de croissance.

Deux faiblesses dans la qualité des données accessibles sont particulièrement limitantes. Premièrement, les données sur la R-Di au Canada continuent de souffrir de plusieurs déficiences. Les récents changements introduits par Statistique Canada ont amélioré la rapidité et la transparence de ces données. Cependant, les comparaisons internationales de l'intensité de la R-Di par secteur et par industrie continuent de pâtir de longs retards. Dans un contexte

où les progrès technologiques et les changements aux conditions du marché sont rapides, réduire les retards dans les données de l'OCDE améliorerait leur utilité pour les décideurs. L'appariement de la R-D et de l'industrie selon le code SCIAN (ou CITI) est toujours problématique et occulte parfois d'importantes tendances. Statistique Canada a partiellement corrigé le problème en fournissant des données plus granulaires pour des secteurs d'activité comme le commerce de gros et l'industrie de l'information et l'industrie culturelle, mais les difficultés persistent — surtout dans le secteur des services, où les données ne permettent pas d'éclairer sur la nature de la majeure partie de la R-D effectuée. Il est difficile d'améliorer la catégorisation à cause de la nécessité de la comparabilité internationale. Cependant, les organismes statistiques pourraient envisager d'ajouter des catégorisations fondées sur le domaine technologique, à l'aide de termes mieux adaptés à ceux utilisés par les industries elles-mêmes (p. ex. logiciel en tant que service, biotechnologie ou énergie propre). Enfin, on manque d'indices internationalement comparables sur les résultats et l'impact de la R-Di, autres que ceux basés sur les brevets. On pourrait davantage travailler à la conception d'instruments de sondage qui recueillent les données sur la perception des chefs d'entreprise internationaux et des directeurs de la R-D d'entreprise quant aux points forts relatifs de la R-D nationale dans divers domaines.

La deuxième faiblesse est que l'évaluation des performances de la recherche en sciences humaines et arts continue à poser problème. S'il est possible de mesurer la production et l'impact de la recherche dans ces disciplines à l'aide d'indices fondés sur les articles de revue et autres publications indexées, cette méthode fournit, dans le meilleur des cas, un portrait incomplet et inégal des contributions de recherche dans ces domaines. L'expansion continue des bases de données bibliométriques (et notamment l'inclusion croissante des ouvrages académiques) et les améliorations méthodologiques (dont une plus grande utilisation d'indices Web comme le visionnement ou le téléchargement d'articles et les références sur les réseaux sociaux) facilitent l'accroissement constant et graduel de la disponibilité et de la précision des données. Toutefois, ces améliorations ne règlent pas les limites fondamentales, comme la complexité à évaluer les domaines de recherche dont la production et l'impact sont difficiles, si ce n'est impossible, à quantifier. Les futures évaluations pourraient donc profiter d'une plus grande intégration de méthodes reposant sur l'examen par des experts, qui peuvent tenir compte des divers types de production de la recherche (p. ex. des ouvrages non indexés) et d'impact (p. ex. des contributions aux collectivités ou des répercussions sur les politiques publiques). Les chercheurs, les analystes et les décideurs doivent continuer à participer à l'élaboration de meilleures stratégies d'évaluation. Le comité d'experts est persuadé que l'apport des sciences humaines et des arts est tout aussi important

pour la prospérité nationale (sociale et culturelle aussi bien qu'économique) que celui de disciplines de la science et de la technologie et des activités industrielles, plus facilement mesurables. Il est vital de mieux mesurer et évaluer ces contributions pour permettre l'élaboration de politiques stratégiques.

EN GUISE DE CONCLUSION

La capacité largement intacte du Canada à effectuer de la recherche de qualité et ses vastes bassins de chercheurs de talent sont un legs des investissements passés. Le Canada abrite toujours des chercheurs, des installations et des programmes parmi les meilleurs au monde, et la communauté internationale continue à tenir leurs réalisations et leur importance en haute estime. Sa large base de chercheurs de talent, son contexte macroéconomique stable, son environnement social diversifié et accueillant et son historique de contributions de R-D faisant autorité font du Canada un lieu attrayant pour les chercheurs, les entrepreneurs et les entreprises innovantes. Ce sont les points forts essentiels de la R-D canadienne et ils s'appliquent à tous les domaines de recherche. Ensemble, ils pourraient servir de fondement à un futur dans lequel le Canada continuera à appuyer la recherche de pointe et à compter parmi les économies les plus innovantes et productives.

Cependant, ce futur semble aujourd'hui incertain. Le recul de l'investissement privé et public dans la R-D menace d'affaiblir graduellement la capacité de recherche du Canada. La perte d'entreprises en démarrage innovantes au profit d'acheteurs étrangers et l'incapacité à développer proportionnellement un nombre suffisant d'entreprises en démarrage font en sorte que les Canadiens n'ont pas récolté la totalité des bénéfices économiques produits par les avancées de la recherche canadienne. Relever ce double défi — la baisse de l'investissement dans la R-D, d'un côté, et une carence en entreprises technologiques nationales développées proportionnellement, de l'autre — nécessite un effort concerté de la part de tous : gouvernements, établissements d'enseignement postsecondaire et industrie. Cela peut aussi exiger de nouvelles approches politiques pour corriger ce qui semble être des caractéristiques systémiques et enracinées du paysage économique canadien et pour vaincre l'inertie inhérente aux modèles anémiques actuels de l'aide institutionnelle à la R-D. La réussite de ces efforts n'est pas assurée, mais le comité d'experts croit qu'elle est tout à fait envisageable en raison de la persistance des points forts généraux canadiens en R-D. Les gains qui découleraient de l'amélioration de l'état de la R-D dans l'avenir en valent bien l'effort.

Références

Références

Accel-Rx, 2017 – Accel-Rx. *Our Approach*. Adresse : https://www.accel-rx.com/about/#approach (consulté en décembre 2017).

Adner, 2006 – Adner, R. « Match your innovation strategy to your innovation ecosystem », *Harvard Business Review*, vol. 84, n°4, p. 98.

AIAC, 2016 – Association des industries aérospatiales du Canada. *Aerospace Innovation White Paper: Innovation Agenda Submission*, Ottawa, ON, AIAC.

AI-EES, 2014 – Alberta Innovates - Energy and Environment Solutions. *Turning Ideas into Action: 2011-12 Report on Outcomes*, Edmonton, AB, AI-EES.

Archambault *et al.*, 2006 – Archambault, E., E. Vignola-Gagne, G. Cote, 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.

Arundel et Bordoy, 2008 – Arundel, A. et C. Bordoy. *Developing Internationally Comparable Indicators for the Commercialization of Publicly-Funded Research*, Maastricht, Pays-Bas, United Nations University - Maastricht Economic and Social Research and Training Centre on Innovation and Technology.

AUTM, 2015a – Association of University Technology Managers. *Statistics Access for Technology Transfer (STATT) Database*. Adresse : https://www.autm.net/resources-surveys/research-reports-databases/statt-database-(1)/ (consulté en juillet 2017).

AUTM, 2015b – Association of University Technology Managers. *Highlights of AUTM's Canadian Licensing Activity Survey FY2015*, Washington, DC, AUTM.

Baldwin et Gu, 2009 – Baldwin, J. R. et W. Gu. *La productivité du Canada de 1961 à 2008 : mise à jour des tendances à long terme*, Ottawa, ON, Statistique Canada.

Banque Mondiale, 2017 – Banque Mondiale. *Doing Business 2017: Equal Opportunity for All*, Washington, DC, Banque Mondiale.

Bawa, 2017 – Bawa, K. « After Failing to Commercialize, Universities Learn to Set Ideas Free », dans, *New Thinking on Innovation*, Waterloo, ON, Centre for International Governance Innovation (CIGI).

BDC, 2013 – Banque de développement du Canada. *Qu'advient-il des moyennes entreprises canadiennes?*, Ottawa, ON, BDC.

BDC, 2015 – Banque de développement du Canada. *Les entreprises à impact élevé jouent un rôle déterminant pour accélérer la compétitivité du Canada*, Ottawa, ON, BDC.

Beaudry et Schiffauerova, 2011 – Beaudry, C. et A. Schiffauerova. « Is Canadian intellectual property leaving Canada? A study of nanotechnology patenting », *The Journal of Technology Transfer*, vol. 36, n°6, p. 665-679.

Beckstead *et al.*, 2010 – Beckstead, D., W. M. Brown, Y. Guo et K. B. Newbold. *Villes et croissance : niveaux de gains selon les régions urbaines et rurales au Canada : le rôle du capital humain*, Ottawa, ON, Statistique Canada.

Behrens *et al.*, 2014 – Behrens, K., G. Duranton et F. Robert-Nicoud. « Productive cities: Agglomeration, selection and sorting », *Journal of Political Economy*, vol. 122, n°3, p. 507-553.

Bérubé et Therrien, 2016 – Bérubé, C. et P. Therrien. *Soutien direct et indirect à la R-D dans les entreprises*, Ottawa, ON, Innovation, Sciences et Développement économique Canada.

Bettencourt *et al.*, 2007 – Bettencourt, L., J. Lobo, D. Helbing, C. Kühnert et G. West. « Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 104, n°17, p. 7301-7306.

Bettencourt *et al.*, 2010 – Bettencourt, L., J. Lobo, D. Strumsky et G. West. « Urban scaling and its deviations: Revealing the structure of wealth, innovation and crime across cities », *PLoS ONE*, vol. 5, n°11, p. e13541.

Bibbee, 2012 – Bibbee, A. *Unleashing Business Innovation in Canada*, Paris, France, OECD Economics Department Working Papers.

Birch, 1979 – Birch, D. L. *The Job Generation Process: Final Report to Economic Development Administration*. Cambridge, MA, MIT Program on Neighborhood and Regional Change.

Blit, 2017 – Blit, J. « Toward an Optimal Patent Regime for Canada », dans, *New Thinking on Innovation*, Waterloo, ON, Centre for International Governance Innovation (CIGI).

Bostrom, 2014 – Bostrom, N. *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford, Royaume-Uni, Oxford University Press.

Bravo-Biosca *et al.*, 2014 – Bravo-Biosca, A., C. Criscuolo et C. Menon. *What Drives the Dynamics of Business Growth?*, Londres, Royaume-Uni, Nest Working Paper.

Breznitz *et al.*, 2015 – Breznitz, D., S. Breznitz et D. A. Wolfe. *Current State of the Financial Technology Innovation Ecosystem in the Toronto Region*, Toronto, ON, Innovation Policy Lab, Munk School of Global Affairs, Université de Toronto.

Brickley, 2011 – Brickley, P. « Nortel $4.5-Billion Patent Sale to Apple, Microsoft, Others Approved ». *The Wall Street Journal* (11 juillet).

Britton et Gilmour, 1978 – Britton, J. N. H. et J. M. Gilmour. *The Weakest Link: A Technological Perspective on Canadian Industrial Underdevelopment*, Ottawa, ON, Science Council of Canada.

Burt, 2016 – Burt, M. *Un moteur de croissance : Bilan comparatif 2016 du secteur des services financiers de Toronto et du Canada*, Ottawa, ON, Conference Board du Canada.

Bush, 1945 – Bush, V. *Science, the Endless Frontier: A Report to the President*, Washington, DC, United States Government Printing Office.

CAC, 2006 – Conseil des académies canadiennes. *L'État de la science et de la technologie au Canada*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie au Canada, CAC.

CAC, 2009 – Conseil des académies canadiennes. *Innovation et stratégies d'entreprise : pourquoi le Canada n'est pas à la hauteur*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur l'innovation dans les entreprises, CAC.

CAC, 2012a – Conseil des académies canadiennes. *L'état de la science et de la technologie au Canada, 2012*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie au Canada, CAC.

CAC, 2012b – Conseil des académies canadiennes. *Éclairer les choix en matière de recherche : Indicateurs et décisions*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur le rendement scientifique et le financement de la recherche, CAC.

CAC, 2013a – Conseil des académies canadiennes. *Incidences de l'innovation : mesure et évaluation*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur les incidences socio-économiques des investissements dans l'innovation, CAC.

CAC, 2013b – Conseil des académies canadiennes. *L'état de la R-D industrielle au Canada*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur l'état de la R-D industrielle au Canada, CAC.

CAC, 2013c – Conseil des académies canadiennes. *Paradoxe dissipé : Pourquoi le Canada est fort en recherche et faible en innovation*, Ottawa, ON, Groupe consultatif, CAC.

CAC, 2015a – Conseil des académies canadiennes. *Assemblage requis : Compétences en STGM et productivité économique du Canada*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur les besoins futurs en compétences en STGM, CAC.

CAC, 2015b – Conseil des académies canadiennes. *Solutions technologiques pour réduire l'empreinte Écologique de l'exploitation des sables bitumineux au Canada*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur la capacité des technologies nouvelles et émergentes de réduire les incidences environnementales de l'exploitation des sables bitumineux, CAC.

CAC, 2016 – Conseil des académies canadiennes. *Mise à jour préliminaire des données : rendement et réputation internationale de la recherche au Canada*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur l'état de la S-T et de la R-Di au Canada, CAC.

CAPP, 2017 – Canadian Association of Petroleum Producers. *Crude Oil Forecast, Markets and Transportation*, Calgary, AB, CAPP.

CBdC, 2015 – Conference Board du Canada. *Innovation*. Adresse : http://www.conferenceboard.ca/hcp/provincial-fr/innovation-fr.aspx (consulté en mars 2017).

CDL, 2017 – Creative Destruction Lab. *Build Something Massive*. Adresse : https://www.creativedestructionlab.com/ (consulté en juillet 2017).

CDRD, 2017 – Centre de recherche et développement des médicaments. *Retombées et impacts*. Adresse : http://www.cdrd.ca/outcomes-impact/ (consulté en juillet 2017).

Centre de recherche sur l'aluminium, 2017 – Centre de recherche sur l'aluminium. *Université du Québec à Chicoutimi*. Adresse : https://www.regal-aluminium.ca/fr/a-propos/institutions/uqac-2/ (consulté en décembre 2017).

CERN, 2015 – Organisation européenne pour la recherche nucléaire. *Le CERN fête ses 60 ans*. Adresse : https://home.cern/fr/about/updates/2014/09/cern-turns-60-celebrates-peaceful-collaboration-science (consulté en juin 2017).

Cervantes, s.d. – Cervantes, M. *Les brevets dans le monde universitaire: comment les universités et les instituts de recherche publique utilisent leurs actifs de propriété intellectuelle pour stimuler la recherche et encourager la création de nouvelles entreprises de haute technologie innovantes*. Adresse : http://www.wipo.int/sme/fr/documents/academic_patenting.htm (consulté en juillet 2017).

CGE, 2016 – Canadian Government Executive. *Ontario, Huawei - Canada Partner in $300M 5G Project*. Adresse : http://canadiangovernmentexecutive.ca/ontario-huawei-canada-partner-in-300m-5g-project/ (consulté en juin 2017).

Chiose, 2017 – Chiose, S. A. « Canadian Universities See Surge of International Students ». *The Globe and Mail* (14 mai).

Coad *et al.*, 2014 – Coad, A., S.-O. Daunfeldt, W. Hölzl, D. Johansson et P. Nightingale. « High-growth firms: Introduction to the special section », *Industrial and Corporate Change*, vol. 23, n°1, p. 91-112.

Cohen, 2010 – Cohen, W. « Fifty Years of Empirical Studies of Innovative Activity and Performance », dans, Hall, B. et N. Rosenberg (réd.), *Handbook of the Economics of Innovation: Volume 1*, Amsterdam, Pays-Bas, Elsevier.

Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale, 2017 – Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale. *Investir dans l'avenir du Canada : Consolider les bases de la recherche au pays*, Ottawa, ON, Comité consultatif sur l'examen du soutien fédéral à la science fondamentale,.

Comité spécial de la politique scientifique, 1970 – Comité spécial de la politique scientifique. *Un politique scientifique canadienne*, Ottawa, ON, Sénat du Canada.

COSIA, 2016 – Canada's Oil Sands Innovation Alliance. *About COSIA*. Adresse : http://www.cosia.ca/about-cosia (consulté en avril 2017).

Côté et Rosa, 2017 – Côté, S. et J. M. Rosa. *Comparaison de différentes mesures d'entreprises à forte croissance : Une étude de cas canadienne*, Ottawa, ON, Innovation, Sciences et Développement économique Canada.

CQDM, 2016 – Centre québécois de développement du médicament. *Combler un besoin important: Rapport d'activité 2016*, Montréal, QC, CQDM.

CQDM, 2017a – Centre québécois de développement du médicament. *Des faits et des chiffres*. Adresse : https://www.cqdm.org/fr/a-propos/des-faits-et-des-chiffres.php (consulté en juin 2017).

CQDM, 2017b – Centre québécois de développement du médicament. *Mission et modèle d'affaires*. Adresse : https://www.cqdm.org/fr/a-propos/mission-et-modele-d-affaires.php (consulté en juin 2017).

Creso, 2016 – Creso, S. « Canada's R&D Tax Credit Doesn't Pass the Test for Evidence-based Policy ». *The Globe and Mail* (9 août).

CRIAQ, 2015 – Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec. *Ensemble, nous propulser*, Montréal, QC, CRIAQ.

CRSNG, 2017a – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. *Base de données sur les subventions et bourses du CRSNG*. Adresse : http://www.nserc-crsng.gc.ca/ase-oro/index_fra.asp (consulté en décembre 2017).

CRSNG, 2017b – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. *Profil du titulaire de la chaire*. Adresse : http://www.nserc-crsng.gc.ca/Chairholders-TitulairesDeChaire/Chairholder-Titulaire_fra.asp?pid=518 (consulté en décembre 2017).

CRSNG, s.d.a – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. *CRSNG - Rapport final de partenaire*. Adresse : http://nserc-sshrc.fluidsurveys.com/share/371c1998e8d00f4623d3/ (consulté en décembre 2017).

CRSNG, s.d.b – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. *Le CRSNG stimule l'innovation*. Adresse : http://www.nserc-crsng.gc.ca/_doc/Innovation-Factsheet-fr.pdf (consulté en décembre 2017).

CSTI, 2015 – Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation. *L'état des lieux en 2014 – Le système des sciences, de la technologie et de l'innovation au Canada : Défis et occasions en matière d'innovation au Canada*, Ottawa, ON, CSTI.

CVCA, 2017 – Canadian Venture Capital & Private Equity Association. *Three Years into VCAP and Program Still Propelling Canada's Innovation Ecosystem*. Adresse : http://news.cvca.ca/three-years-into-vcap-and-program-still-propelling-canadas-innovation-ecosystem/2017/01/23/ (consulté en septembre 2017).

Daunfeldt *et al.*, 2015 – Daunfeldt, S.-O., D. Johansson et D. Halvarsson. « Using the eurostat-OECD definition of high-growth firms: A cautionary note », *Journal of Entrepreneurship and Public Policy*, vol. 4, n°1, p. 50-56.

Davis et Dingel, 2017 – Davis, D. et J. Dingel. *The Comparative Advantage of Cities*, Cambridge, MA, National Bureau of Economic Research.

DEEP Centre, 2015 – Centre for Digital Entrpreneurship + Economic Performance. *Accelerating Canada's Start-Up Ecosystem: A Review of Canadian Business Accelerators and Business Incubators*, Waterloo, ON, DEEP Centre.

Delgado *et al.*, 2014 – Delgado, M., M. E. Porter et S. Stern. « Clusters, convergence, and economic performance », *Research Policy*, vol. 43, n°10, p. 1785-1799.

Deloitte, 2012 – Deloitte. *L'avenir de la productivité - Des choix décisifs pour une compétitivité accrue du Canada*, Ottawa, ON, Deloitte.

Deloitte, 2016 – Deloitte. *Global Trends: Government Incentives for Innovation and Investment*, Ottawa, ON, Deloitte.

Deloitte, 2017 – Deloitte. *L'avenir appartient aux plus audacieux*. Adresse : https://www2.deloitte.com/ca/en/pages/insights-and-issues/articles/the-future-belongs-to-the-bold-new.html (consulté en novembre 2017).

Diamond, 1997 – Diamond, J. *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*. New York, NY, W. W. Norton & Company.

Dixon et Rollin, 2014 – Dixon, J. et A. Rollin. *La distribution des taux de croissance de l'emploi au Canada : le rôle des entreprises à forte croissance et à réduction rapide des effectifs*, Ottawa, ON, Statistique Canada.

Edge et Munro, 2015 – Edge, J. et D. Munro. *Carrières universitaires et non universitaires : Valoriser et préparer les titulaires d'un doctorat pour le marché du travail*, Ottawa, ON, Conference Board du Canada.

EDSC, 2017 – Emploi et Développement social Canada. *Groupe directeur sur la co-création d'une Stratégie d'innovation sociale et de finance sociale*. Adresse : https://www.canada.ca/fr/emploi-developpement-social/programmes/innovation-sociale-finance-sociale/groupe-directeur.html (consulté en septembre 2017).

Emerson *et al.*, 2012 – Emerson, D., J. Roy, S. Pupatello et J. Quick. *Au-delà de l'horizon : les intérêts et l'avenir du Canada dan l'aérospatiale — Volume 1*, Ottawa, ON, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada.

Engardio *et al.*, 2005 – Engardio, P., B. Einhorn, M. Kripalani, A. Reinhardt, B. Nussbaum et P. Burrows. « Outsourcing Innovation », dans, Mayle, D. (réd.), *Managing Innovation and Change*, Thousand Oaks, CA, Sage Publications Ltd.

ERA, 2017 – Emissions Reduction Alberta. *News*. Adresse : http://www.eralberta.ca/#news (consulté en avril 2017).

Erlick, 2017 – Erlick, N. « AI Pioneer Will Advise Chatbot Startup that Provides Free Legal Advice to Immigrants ». *The Verge* (27 juillet).

FMI, 2016 – Fonds monétaire international. *Le FMI prévoit une croissance mondiale modérée et avertit que la stagnation économique pourrait alimenter les appels au protectionnisme*. Adresse : http://www.imf.org/fr/News/Articles/2016/10/03/AM2016-NA100416-WEO (consulté en octobre 2017).

Galindo-Rueda et Verger, 2016 – Galindo-Rueda, F. et F. Verger. *OECD Taxonomy of Economic Activities Based on R&D Intensity*, Paris, France, OECD Publishing.

Galushko et Sagynbekov, 2014 – Galushko, V. et K. Sagynbekov. « Commercialization of university research in Canada: What can we do better? », *International Journal of Business Administration*, vol. 5, n°5, p. 1-13.

GC, 2014 – Gouvernement du Canada. *Aller de l'avant dans le domaine des sciences, de la technologie et de l'innovation 2014*, Ottawa, ON, Industrie Canada.

GC, 2017 – Gouvernement du Canada. *Le budget de 2017 : Bâtir une classe moyenne forte*, Ottawa, ON, Finances Canada.

GEDI, 2017 – Global Entrepreneurship and Development Institute. *Global Entrepreneurship Index*. Adresse : https://thegedi.org/global-entrepreneurship-and-development-index/ (consulté en avril 2017).

Génome Canada, 2017 – Genome Canada. *Nouveau soutien financier pour le Consortium de génomique structurelle et la science ouverte*. Adresse : https://www.genomecanada.ca/fr/nouvelles-et-evenements/nouvelles/nouveau-soutien-financier-pour-le-consortium-de-genomique (consulté en janvier 2018).

Giannone, 2017 – Giannone, E. *Skilled-Biased Technical Change and Regional Convergence*, Chicago, IL, Université de Chicago.

Glaeser, 2010 – Glaeser, E. *Agglomeration Economics*. Chicago, IL, Université de Chicago.

Glaeser et Resseger, 2010 – Glaeser, E. et M. Resseger. « The complementarity between cities and skills », *Journal of Regional Science*, vol. 50, n°1, p. 221-244.

Glaeser, 2011 – Glaeser, E. « Cities, productivity, and quality of life », *Science*, vol. 333, n°6042, p. 592-594.

GM Canada, 2016 – General Motors Canada. *General Motors Announces Expansion of Connected and Autonomous Vehicle Engineering and Software Development Work in Canada*. Adresse : http://media.gm.ca/media/ca/en/gm/home.detail.html/content/Pages/news/ca/en/2016/Jun/0610_EngCentre.html (consulté en janvier 2018).

Goldenberg *et al.*, 2009 – Goldenberg, M., W. Kamoji, L. Orton et M. Williamson. *Compte rendu de l'innovation sociale au Canada*, Ottawa, ON, Réseaux canadiens de recherche en politiques publiques.

Goracinova *et al.*, 2017 – Goracinova, E., P. Warrian et D. A. Wolfe. « Challenges of coordination: Automotive innovation in the Ontario supply chain in comparative context », *Canadian Public Policy*, vol. 43, n°S1, p. S90-S102.

Greenspon et Rodigues, 2017 – Greenspon, J. et E. Rodigues. *Are Trends in Patenting Reflective of Innovative Activity in Canada?*, Ottawa, ON, Centre d'étude des niveaux de vie.

Groupe d'experts en commercialisation, 2006 – Groupe d'experts en commercialisation. *Les gens et l'excellence : au cœur du succès de la commercialisation — Volume I : Rapport final du Groupe d'experts en commercialisation*. Ottawa, ON, Industrie Canada.

Gupta, 2012 – Gupta, K. *The Issue: Building Stronger Tech Companies in Canada*, Ottawa, ON, Information Technology Association of Canada.

Hall *et al.*, 2010 – Hall, B. H., J. Mairesse et P. Mohnen. « Measuring the Returns to R&D », dans, Hall, B. H. et N. Rosenberg (réd.), *Handbook of Economics of Innovation, Volume 2*, Amsterdam, Pays-Bas, Elsevier.

Hathaway et Litan, 2014 – Hathaway, I. et R. Litan. *Declining Business Dynamism in the United States: A Look at States and Metros*, Washington, DC, The Brookings Institution.

Hepburn et Wolfe, 2015 – Hepburn, N. et D. A. Wolfe. « Commercialization and Technology Transfer Policies and Intellectual Property Regimes in Canada », dans, Breznitz, S. et H. Etzkowitz (réd.), *University Technology Transfer: The Globalization of Academic Innovation*, New York, NY, Routledge.

Hermann *et al.*, 2016 – Hermann, M., T. Pentek et B. Otto. *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*, communication présentée dans le cadre du 49th Hawaii International Conference on System Sciences, Kauai, HI.

Ho, 2017 – Ho, S. *Canadian FinTechs Shine as Investments Near Record*. Adresse : https://www.reuters.com/article/us-canada-fintech/canadian-fintechs-shine-as-investments-near-record-idUSKBN14N1N5 (consulté en décembre 2017).

Hvistendahl, 2013 – Hvistendahl, M. « China's publication bazaar », *Science*, vol. 342, n°6162, p. 1035-1039.

ICRA, 2016 – Institut Canadien de recherches avancées. *Recommandations de l'ICRA destinées au Conseil consultatif pour l'examen du soutien fédéral à la recherche fondamentale*. Adresse : https://www.icra.ca/assets/recommandations-de-licra-destinees-au-conseil-consultatif-pour-lexamen-du-soutien-federal-a-la-recherche-fondamentale/ (consulté en avril 2017).

Institut NÉOMED, 2012 – Institut NÉOMED. *Création de l'Institut NÉOMED – un renouveau pour la recherche biopharmaceutique au Québec*. Adresse : http://neomed.ca/fr/2012/11/23/creation-de-linstitut-neomed-un-renouveau-pour-la-recherche-biopharmaceutique-au-quebec/ (consulté en décembre 2017).

Institut NÉOMED, 2015 – Institut NÉOMED. *NÉOMED crée un nouveau centre d'excellence sur la recherche de produits biologiques et de vaccins*. Adresse : http://neomed.ca/fr/2015/02/05/neomed-cree-un-nouveau-centre-d-excellence-sur-la-recherche-de-produits-biologiques-et-de-vaccins/ (consulté en décembre 2017).

Institut NÉOMED, 2017a – Institut NÉOMED. *Mission et modèle d'affaires*. Adresse : http://neomed.ca/fr/a-propos/mission-modele-affaires/ (consulté en juin 2017).

Institut NÉOMED, 2017b – Institut NÉOMED. *Faits saillants*. Adresse : http://neomed.ca/fr/a-propos/faits-saillants/ (consulté en juin 2017).

ISDE, 2016 – Innovation, Sciences et Développement économique Canada. *Principales statistiques relatives aux petites entreprises*, Ottawa, ON, ISDE.

ISDE et AIAC, 2016 – Innovation, Sciences et Développement économique Canada et Association des industries aérospatiales du Canada. *L'état de l'industrie aérospatiale canadienne. Rapport 2016*, Ottawa, ON, ISDE.

Jackson, 2011 – Jackson, D. J. *What Is an Innovation Ecosystem?*, Arlington, VA, National Science Foundation.

Jaffe et Lerner, 2006 – Jaffe, A. et J. Lerner. *Innovation and Its Discontents: How Our Broken Patent System Is Endangering Innovation and Progress, and What to Do About It*. Princeton, NJ, Princeton University Press.

Jones, 2016 – Jones, C. « The Facts of Economic Growth », dans, Taylor, J. B. et H. Uhlig (réd.), *Handbook of Macroeconomics: Volume 2A*, Amsterdam, Pays-Bas, Elsevier.

Kenney et Patton, 2011 – Kenney, M. et D. Patton. « Does inventor ownership encourage university research-derived entrepreneurship? A six university comparison », *Research Policy*, vol. 40, n°8, p. 1100-1112.

Kolm, 2017 – Kolm, J. *Big Brands Sign on with Government-Backed AI Institute*. Adresse : http://strategyonline.ca/2017/03/30/big-brands-sign-on-with-government-backed-ai-institute/ (consulté en décembre 2017).

KPMG Enterprise et Ivey Business School, 2015 – KPMG Enterprise et Ivey Business School. *An Ice Ceiling: Overcoming the Growth Challenges Faced by Canada's Mid-Sized Companies*, Ottawa, ON, KPMG Enterprise.

KPMG Enterprise, 2016 – KPMG Enterprise. *Coup d'œil sur le secteur manufacturier canadien en 2016*, Toronto, ON, KPMG Enterprise.

Krugman, 1991 – Krugman, P. « Increasing returns and economic geography », *Journal of Political Economy*, vol. 99, n°3, p. 483-499.

Langford *et al.*, 2015 – Langford, C. H., P. Josty et C. Saunders. *2015 GEM Canada National Report*, Londres, Royaume-Uni, Global Entrepreneurship Monitor.

Lazaridis Institute, 2016 – Lazaridis Institute. *Scaling Success: Tackling the Management Gap in Canada's Technology Sector*, Waterloo, ON, Lazardis Institute, Université Wilfred Laurier

Lonmo, 2007 – Lonmo, C. *Entreprises innovatrices, entreprises non-innovatrices et entreprises de risque : Quelle est la nature des entreprises des industries de services de recherche et développement?*, Ottawa, ON, Statistique Canada.

Mairesse et Mohnen, 2010 – Mairesse, J. et P. Mohnen. « Using Innovation Surveys for Econometric Analysis », dans, Hall, B. H. et N. Rosenberg (réd.), *Handbook of the Economics of Innovation, Volume 2*, Amsterdam, Pays-Bas, Elsevier.

MaRS, 2017 – MaRs. *Health*. Adresse : https://www.marsdd.com/our-sectors/health/ (consulté en décembre 2017).

Martin *et al.*, 2014 – Martin, H., R. Wright et A. Cowan. *Tendances et mesures dans les ressources humaines, troisième édition : La planification stratégique des effectifs dans le contexte canadien*, Ottawa, ON, Conference Board du Canada.

Mazurkewich, 2011 – Mazurkewich, K. *Rights and Rents: Why Canada Must Harness its Intellectual Property Resources*, Toronto, ON, Conseil international du Canada.

McKinsey & Company, 2016 – McKinsey & Company. *Tech North: Building Canada's First Technology Supercluster*, Toronto, ON, McKinsey & Company.

Mitacs, 2016 – Mitacs. *2016 Bilan de l'année*, Montréal, QC, Mitacs.

Moed, 2005 – Moed, H. F. *Citation Analysis in Research Evaluation*. Dordrecht, Pays-Bas, Springer.

Moffatt, 2016 – Moffatt, M. *How to Innovate FinTech in Canada*, Ottawa, ON, Canada 2020.

Moretti, 2012 – Moretti, E. *The New Geography of Jobs*. New York, NY, Houghton Mifflin Harcourt.

Mowery *et al.*, 2004 – Mowery, D., R. Nelson, B. Sampat et A. Ziedonis. *Ivory Tower and Industrial Innovation: University-Industry Technology Transfer Before and After the Bayh-Dole Act*. Stanford, CA, Stanford University Press.

Munos, 2015 – Munos, B. « How to handle an industry in disruption: Intervene or laissez-faire? », *Science Translational Medicine*, vol. 7, n°286, p. 1-4.

Munro, 2009 – Munro, D. *Report Card on Management, Business, and Finance Education in Canada: Are Graduates Ready for Business?*, Ottawa, ON, Conference Board du Canada.

Munro, 2015 – Munro, D. *Canada's Venture Capital Opportunity*, Ottawa, ON, Conference Board du Canada.

Murphy, 2011 – Murphy, J. *Research and Development Summary Report*, communication présentée dans le cadre du 26th Voorburg Group Meeting, Newport, Royaume-Uni.

NASEM, 2017 – National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Advancing Concepts and Models for Measuring Innovation: Proceedings of a Workshop*, Washington, DC, National Academies Press.

NESTA, 2009 – National Endowment for Science Technology and the Arts. *The Vital 6 Per Cent: How High-Growth Innovative Businesses Generate Prosperity and Jobs*, Londres, Royaume-Uni, NESTA.

neuro, s.d. – Institut et hôpital neurologiques de Montréal. *Science ouverte - La science repensée*. Adresse : https://www.mcgill.ca/neuro/fr/science-ouverte (consulté en janvier 2018).

Nicholls et Murdock, 2012 – Nicholls, A. et A. Murdock. « The Nature of Social Innovation », dans, Nicholls, A. et A. Murdock (réd.), *Social Innovation*, Londres, Royaume-Uni, Palgrave Macmillan.

Nicholson, 2016 – Nicholson, P. « Canada's low-innovation equilibrium: Why it has been sustained and how it will be disrupted », *Canadian Public Policy*, vol. 42, n°s1, p. S39-S45.

Niosi, 2008 – Niosi, J. « Technology, development and innovation systems: An introduction », *The Journal of Development Studies*, vol. 44, n°5, p. 613-621.

Niu *et al.*, 2016 – Niu, J., W. Tang, F. Xu, X. Zhou et Y. Song. « Global research on artificial intelligence from 1990–2014: Spatially-explicit bibliometric analysis », *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 5, n°66, p. 1-19.

NRC, 2014 – National Research Council. *Capturing Change in Science, Technology, and Innovation: Improving Indicators to Inform Policy*, Washington, DC, Panel on Developing Science, Technology, and Innovation Indicators for the Future.

NSB, 2016 – National Science Board. *Science and Engineering Indicators 2016*, Arlington, VA, NSB.

OCDE, 2009 – Organisation de coopération et de développement économiques. *Innovation in Firms: A Microeconomic Perspective*. Paris, France, OECD Publishing.

OCDE, 2011a – Organisation de coopération et de développement économiques. *Panorama de l'entrepreneuriat 2011*. Paris, France, OECD Publishing.

OCDE, 2011b – Organisation de coopération et de développement économiques. *Skills for Innovation and Research*. Paris, France, OECD Publishing.

OCDE, 2015a – Organisation de coopération et de développement économiques. *Science, technologie et industrie : Tableau de bord de l'OCDE 2015*, Paris, France, OECD Publishing.

OCDE, 2015b – Organisation de coopération et de développement économiques. *Manuel de Frascati 2015 : Lignes directrices pour le recueil et la communication des données sur la recherche et le développement expérimental*, Paris, France, OECD Publishing.

OCDE, 2015c – Organisation de coopération et de développement économiques. *Panorama de l'entrepreneuriat 2015*. Paris, France, OECD Publishing.

OCDE, 2016a – Organisation de coopération et de développement économiques. *Principaux indicateurs de la science et de la technologie*. Adresse : http://www.oecd.org/fr/sti/pist.htm (consulté en janvier 2018).

OCDE, 2016b – Organisation de coopération et de développement économiques. *Études économiques de l'OCDE : Canada 2016*. Paris, France, OECD Publishing.

OCDE, 2016c – Organisation de coopération et de développement économiques. *Panorama de l'entrepreneuriat 2016*. Paris, France, OECD Publishing.

OCDE, 2016d – Organisation de coopération et de développement économiques. *R&D Tax Incentive Report: Canada*, Paris, France, OECD Publishing.

OCDE, 2016e – Organisation de coopération et de développement économiques. *Regards sur l'éducation 2016*. Paris, France, OECD Publishing.

OCDE, 2016f – Organisation de coopération et de développement économiques. *Science, technologie et innovation : Perspectives de l'OCDE 2016*. Paris, France, OECD Publishing.

OCDE, 2017a – Organisation de coopération et de développement économiques. *Recherche et développement*. Adresse : https://stats.oecd.org/ (consulté en mai 2017).

OCDE, 2017b – Organisation de coopération et de développement économiques. *L'Observatoire de l'OCDE sur l'innovation dans le secteur public*. Adresse : https://www.oecd.org/fr/gouvernance/observatoire-innovation-secteur-public.htm (consulté en septembre 2017).

OCDE, 2017c – Organisation de coopération et de développement économiques. *Science, technologie et industrie : Tableau de bord de l'OCDE 2017 : Transformation numérique*, Paris, France, OECD Publishing.

OCDE, 2017d – Organisation de coopération et de développement économiques. *Productivité et CUM par principale activité économique (CITI Rev.4)*. Adresse : https://stats.oecd.org/ (consulté en octobre 2017).

OCDE/Eurostat, 2005 – Organisation de coopération et de développement économiques /Eurostat. *Manuel d'Oslo: Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation, 3e édition*, Paris, France, OECD Publishing.

OEC, s.d. – The Observatory of Economic Complexity. *Canada*. Adresse : https://atlas.media.mit.edu/en/profile/country/can/ (consulté en janvier 2018).

OMPI, 2017 – Organisation mondiale de la propriété intellectuelle. *Centre de données statistiques de propriété intellectuelle de l'OMPI*. Adresse : https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?lang=fr& (consulté en novembre 2017).

ONU, 2014 – Nations Unies. *World Urbanization Prospects*, New York, NY, Nations Unies - Département des affaires économiques et sociales.

Oskamp et Schultz, 2005 – Oskamp, S. et P. W. Schultz. *Attitudes and Opinions*. New York, NY, Psychology Press.

Parsley et Halabisky, 2008 – Parsley, C. et D. Halabisky. *Profil des entreprises en croissance : Sommaire de la recherche à Industrie Canada*, Ottawa, ON, Industrie Canada.

Phills *et al.*, 2008 – Phills, J. A., K. Deiglmeier et D. T. Miller. « Rediscovering social innovation », *Stanford Social Innovation Review*, vol. 6, n°4, p. 34-43.

Pinto *et al.*, 2016 – Pinto, D., C. Goard et A. Kim. *VC & PE Canadian Market Overview*, Toronto, ON, Canadian Venture Capital and Private Equity Association.

Pohlmann, 2014 – Pohlmann, M. « Jim Balsillie on commercializing our ideas: 'Where the innovation game is won or lost.' ». *The Globe and Mail* (12 décembre).

Porter, 1998 – Porter, M. E. *On Competition*. Boston, MA, Harvard Business School Press.

Porter *et al.*, 2001 – Porter, M. E., Monitor Group, ontheFRONTIER et Council on Competitiveness. *Clusters of Innovation: Regional Foundations of US Competitiveness*, Washington, DC, Council on Competitiveness.

PRI, 2010 – Policy Research Initiative. *Social Innovation: What is it? Who Does it?*, Ottawa, ON, PRI.

Prince *et al.*, 2016 – Prince, C., C. Petijean, S. Benyouci, R. Beaulieu et D. Noler. « CRIAQ and CARIC: An innovation journey - Insights on how to build successful research and development collaborations in aerospace: The case of the Quebec and Canadian ecosystems », *Journal of Innovation Management*, vol. 4, n°2, p. 6-15.

PwC, 2015 – PricewaterhouseCoopers. *A Nation of Innovators: 2015 Canadian Emerging Technology Companies Survey*, Ottawa, ON, PwC.

Re$earch Infosource Inc., 2016 – Re$earch Infosource Inc. *Canada's Top 50 Research Universities 2016*, Toronto, ON, Re$earch Infosource Inc.

Re$earch Infosource Inc., 2018 – Re$earch Infosource Inc. *Canada's Top 100 Corporate R&D Spenders*. Adresse : https://researchinfosource.com/top100_corp.php (consulté en janvier 2018).

Richards *et al.*, 2017 – Richards, E., C. Lonmo et G. Gellatly. *Contributions industrielles aux dépenses en recherche et développement au Canada*, Ottawa, ON, Statistique Canada.

Rieti, 2017 – Rieti, J. « Toronto Welcoming Artificial Intelligence Company Back from Silicon Valley ». *CBC News* (6 juin).

Rooksby, 2013 – Rooksby, J. « Innovation and litigation: Tensions between universities and patents and how to fix them », *Yale Journal of Law and Technology*, vol. 5, n°2, p. 316-402.

Rousseau, 2015 – Rousseau, R. « The tip of the Chinese publication iceberg », *ISSI Newsletter*, vol. 11, n°4, p. 100-102.

Scott, 2008 – Scott, A. *Social Economy of the Metropolis: Cognitive-Cultural Capitalism and the Global Resurgence of Cities*. Oxford, Royaume-Uni, Oxford University Press.

Secrétariat du groupe d'experts sur l'examen du soutien de la recherche-développement, 2011 – Secrétariat du groupe d'experts sur l'examen du soutien de la recherche-développement. *Évaluation du crédit d'impôt pour la recherche scientifique et le développement expérimental*, Ottawa, ON, Industrie Canada.

SGC, 2018 – Structural Genomics Consortium. *Key Achievements*. Adresse : http://www.thesgc.org/about/key_achievements (consulté en janvier 2018).

Silcoff, 2017 – Silcoff, S. « Billion-Dollar Breakout ». *The Globe and Mail* (18 mars).

Simons, 2017 – Simons, P. « Global Head-Snap: Google's DeepMind Sets Up Shop in Edmonton ». *Edmonton Journal* (22 décembre).

Sloan et Dale, 2015 – Sloan, S. et J. Dale. *The Importance of C-Suite Talent in Creating High Growth Firms*, Ottawa, ON, Sloan Consultants and Snowy Cloud Inc.

Songsakul *et al.*, 2008 – Songsakul, T., B. Lau et D. Boothby. *Firm Size and Research and Development Expenditures: A Canada-U.S. Comparison Industry - Working Paper 2008-12*, Ottawa, ON, Industrie Canada.

Spencer *et al.*, 2010 – Spencer, G., T. Vinodrai, M. S. Gertler et D. A. Wolfe. « Do clusters make a difference? Defining and assessing their economic performance », *Regional Studies*, vol. 44, n°6, p. 697-715.

Spencer, 2014 – Spencer, G. *Cluster Atlas of Canada*, Toronto, ON, Munk School of Global Affairs.

Startup Genome, 2017 – Startup Genome. *Global Startup Ecosystem Report 2017*, San Francisco, CA, Startup Genome.

StatCan, 2007 – Statistique Canada. *Croissance de la productivité à long terme au Canada et aux États-Unis*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2011 – Statistique Canada. *La croissance démographique du Canada : de 1851 à 2061*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2012a – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0176. Entreprises détenant ou utilisant des droits d'auteur, par taille de groupe de droits d'auteur et groupes d'industries sélectionnées, décembre 2010*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2012b – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0173. Entreprises détenant ou utilisant des brevets délivrés, par catégorie d'acquisition de brevet et groupes d'industries sélectionnées, décembre 2010*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2012c – Statistique Canada. *Enquête sur la gestion de la propriété intellectuelle (EGPI)*. Adresse : http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=113291 (consulté en juillet 2017).

StatCan, 2012d – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 477-0018. Nombre et âge médian du personnel enseignant à plein temps dans les universités canadiennes selon le plus haut diplôme acquis, les fonctions de direction, le rang, le sexe, Canada et les Provinces*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2012e – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0182. Entreprises détenant ou utilisant toute autre forme de propriété intellectuelle, par type et groupes d'industries sélectionnées, 2010*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2013 – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0160. Répartition provinciale du personnel affecté à la recherche et développement selon le secteur d'exécution et la catégorie professionnelle*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2014a – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0221. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise, innovation, selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) et la taille de l'entreprise*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2014b – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0268. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise, faire face aux obstacles d'innovation, selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) et la taille de l'entreprise, toutes les industries sondées*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2015 – Statistique Canada. *Recherche et développement industriels : perspective*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2016a – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 051-0001. Estimations de la population, selon le groupe d'âge et le sexe au 1er juillet, Canada, provinces et territoires*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2016b – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 477-0032. Diplômés postsecondaires, selon le statut de l'étudiant, pays de citoyenneté et sexe*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2016c – Statistique Canada. *Enquête Recherche et développement dans l'industrie canadienne (RDIC)*. Adresse : http://www23.statcan.gc.ca/imdb-bmdi/document/4201_D6_T9_V1-fra.htm (consulté en juillet 2017).

StatCan, 2016d – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 384-0038. Produit intérieur brut, en termes de dépenses, provinciaux et territoriaux*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2016e – Statistique Canada. *Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) Canada 2017 version 1.0*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017a – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0211. Dépenses courantes intra-muros au titre de la recherche et développement en pourcentage des revenus de la société exécutante, selon le pays de contrôle et le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN)*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017b – Statistique Canada. *Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise*. Adresse : http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5171 (consulté en septembre 2017).

StatCan, 2017c – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0510. Dépenses au titre de la recherche et développement intra-muros des entreprises, selon le groupe d'industries fondé sur le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), le pays de contrôle et le type de dépenses*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017d – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0205. Dépenses intra-muros au titre de la recherche et développement des entreprises, selon le pays de contrôle et le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN)*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017e – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 477-0036. Diplômés postsecondaires, selon le type de programme, genre de sanction d'études et Classification Internationale Type de l'Éducation (CITE)*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017f – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0206. Paiements extra-muros en recherche et développement des entreprises, selon l'emplacement du destinataire et le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN)*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017g – Statistique Canada. *Dépenses intérieures brutes en recherche et développement (DIRD) en pourcentage du produit intérieur brut*. Adresse : http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/l02/cst01/scte03-fra.htm (consulté en octobre 2017).

StatCan, 2017h – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 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*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017i – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0141. Paiements extra-muros en recherche et développement des entreprises, selon l'emplacement et le secteur de destinataires*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017j – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0140. Caractéristiques au titre de la recherche et développement (R-D) des entreprises, selon le domaine scientifique ou technologique et le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN)*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017k – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0209. Dépenses intra-muros au titre de la recherche et développement des entreprises, selon la tranche des revenus des sociétés exécutantes*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017l – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0208. Dépenses intra-muros au titre de la recherche et développement des entreprises, selon l'effectif de la société exécutante*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017m – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0159. Personnel affecté à la recherche et développement selon le secteur d'exécution, la catégorie professionnelle et le type de science*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017n – Statistique Canada. *L'ensemble des salariés inscrits sur la liste de paye, selon l'industrie*. Adresse : http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/l02/cst01/labr71c-fra.htm (consulté en juillet 2017).

StatCan, 2017o – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 358-0024. Caractéristiques au titre de la recherche et développement dans les entreprises commerciales (DIRDE), selon le groupe d'industries basé sur le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) au Canada*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017p – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 477-0079. Effectifs postsecondaires, selon le régime d'études, Classification Internationale Type de l'Éducation (CITE), Classification des programmes d'enseignement, regroupement principal (CPE_RP), sexe et statut de l'étudiant*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2017q – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 379-0030. Produit intérieur brut (PIB) aux prix de base, selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), provinces et territoires*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan, 2018 – Statistique Canada. *Tableau CANSIM 379-0031. Produit intérieur brut (PIB) aux prix de base, selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN)*, Ottawa, ON, StatCan.

Stephan, 2010 – Stephan, P. E. « The Economics of Science », dans, Hall, B. et N. Rosenberg (réd.), *Handbook of Economics of Innovation: Volume 1*, Amsterdam, Pays-Bas, Elsevier.

Stephan, 2012 – Stephan, P. E. *How Economics Shapes Science*. Cambridge, MA, Harvard University Press.

Stokes, 1997 – Stokes, D. E. *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*. Washington, DC, Brookings Institution Press.

Storey, 1994 – Storey, D. J. *Understanding the Small Business Sector*. Londres, Royaume-Uni, Routledge.

Swart et Granger, 2015 – Swart, A. et M. Granger. *L'innovation dans le secteur minier au Canada en 2015 - Des approches qui stimulent l'innovation*, Ottawa, ON, Deloitte.

Swart et Otremba, 2016 – Swart, A. et S. Otremba. *L'innovation dans le secteur pétrolier et gazier au Canada en 2016. Deloitte – Tendances Pétrole et gaz*, Ottawa, ON, Deloitte.

Sweeney et Mordue, 2017 – Sweeney, B. A. et G. D. Mordue. « The restructuring of Canada's automotive industry, 2005–2014 », *Canadian Public Policy*, vol. 43, n°S1, p. S1-S15.

Tegmark, 2017 – Tegmark, M. *Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence*. New York, NY, Random House.

The Toronto Star, 2017 – The Toronto Star. *New Institute Aims to Make Toronto an 'Intellectual Centre' of AI Capability*. Adresse : https://www.thestar.com/news/gta/2017/03/28/new-toronto-institute-aims-to-be-worldwide-supplier-of-artificial-intelligence-capability.html (consulté en avril 2017).

Tourangeau, 2003 – Tourangeau, R. « Cognitive aspects of survey measurement and mismeasurement », *International Journal of Public Opinion Research*, vol. 15, n°1, p. 3-7.

Trosow *et al.*, 2012 – Trosow, S., M. B. McNally, L. E. Briggs, C. Hoffman, C. D. Ball, A. Jacobs et B. Moran. « Technology transfer and innovation policy at Canadian universities: Opportunities and social costs », *Library and Information Science Publications*, vol. Paper 23, p. 1-46.

Tseng et Raudensky, 2015 – Tseng, A. A. et M. Raudensky. « Performances of technology transfer activities of US universities after Bayh-Dole Act », *Journal of Economics, Business & Management*, vol. 3, n°6, p. 661-667.

UdeM, 2017 – Université de Montréal. *100 M$ pour la création de la grappe québécoise en intelligence artificielle*. Adresse : http://nouvelles.umontreal.ca/article/2017/05/15/100-m-pour-la-creation-de-la-grappe-quebecoise-en-intelligence-artificielle/ (consulté en décembre 2017).

UNESCO, 2018 – Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. *Glossaire*. Adresse : http://uis.unesco.org/fr/glossary (consulté en février 2018).

UofT News, 2017a – University of Toronto News. *Toronto's Vector Institute Officially Launched*. Adresse : https://www.utoronto.ca/news/toronto-s-vector-institute-officially-launched (consulté en avril 2017).

UofT News, 2017b – University of Toronto News. *Six Degrees of Separation: How U of T's Geoffrey Hinton is Connected to Top AI Researchers Around the World*. Adresse : https://www.utoronto.ca/news/six-degrees-separation-how-u-t-s-geoffrey-hinton-connected-top-ai-researchers-around-world (consulté en avril 2017).

Veltz, 2004 – Veltz, P. *The Resurgent City*, communication présentée dans le cadre du Leverhulme International Symposium, London School of Economics, Londres, Royaume-Uni.

VIDO-InterVac, 2017 – Vaccine and Infectious Disease Organization-International Vaccine Centre. *About Us*. Adresse : http://vido.org/about/ (consulté en juillet 2017).

WEF, 2017 – World Economic Forum. *Global Competitiveness Index 2017-2018*, Genève, Suisse, WEF.

West, 2017 – West, G. *Scale: The Universal Laws of Growth, Innovation, Sustainability, and the Pace of Life in Organisms, Cities, Economies, and Companies*. New York, NY, Penguin Press.

Wolfe et Gertler, 2004 – Wolfe, D. A. et M. S. Gertler. « Clusters from the inside and out: Local dynamics and global linkages », *Urban Studies*, vol. 41, n°5-6, p. 1071-1093.

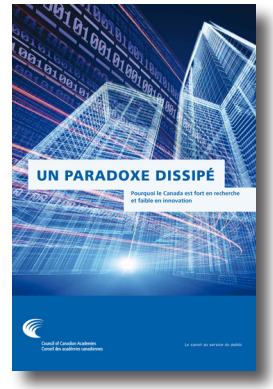
Wolfe, 2017 – Wolfe, D. A. *Why Global Innovation Supply Chains Are Going Local*. Adresse : https://www.cigionline.org/articles/why-global-innovation-supply-chains-are-going-local (consulté en avril 2017).

Yates, 2012 – Yates, D. « U of S Reaps Record Research Revenue ». *The Western Producer* (24 août).

Rapports du Conseil des académies canadiennes d'intérêt

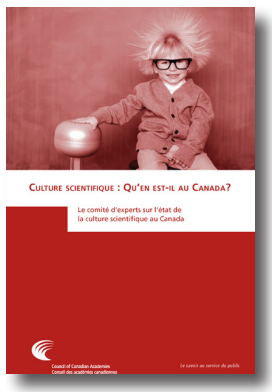
Les rapports d'évaluation ci-dessous peuvent être téléchargés depuis le site Web du CAC (**www.sciencepourlepublic.ca**) :

L'état de la science et de la technologie au Canada, 2012 (2012)



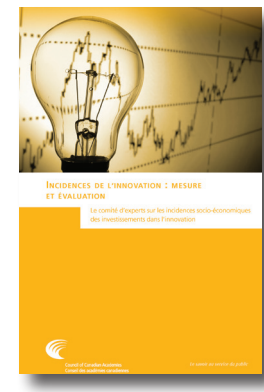
Paradoxe dissipé : Pourquoi le Canada est fort en recherche et faible en innovation (2013)

L'état de la R-D industrielle au Canada (2013)



Culture scientifique : qu'en est-il au Canada? (2014)

Assemblage requis : Compétences en STGM et productivité économique du Canada (2014)



Incidences de l'innovation : mesure et évaluation (2013)

Conseil d'admisnistration du Conseil des académies canadiennes*

Margaret Bloodworth, C.M., présidente, ancienne sous-ministre au fédéral et conseillère nationale pour la sécurité (Ottawa, Ont.)

Paul Allison, MACSS, professeur et doyen, Faculté de médecine dentaire, Université McGill (Montréal, Qc)

Tom Brzustowski, O.C., MSRC, FACG, membre du conseil d'administration de l'Institute for Quantum Computing, Université de Waterloo; membre du conseil d'administration, Waterloo Global Science Initiative (Waterloo, Ont.)

David A. Dodge, O.C., MSRC, conseiller supérieur, Bennett Jones s.r.l. (Ottawa, Ont.)

Chad Gaffield, O.C., MSRC, professeur d'histoire et titulaire de chaire de recherche universitaire en recherche numérique, Université d'Ottawa; président, Société royale du Canada (Ottawa, Ont.)

Jawahar (Jay) Kalra, MACSS, professeur, Département de pathologie et de médecine de laboratoire et membre du conseil des gouverneurs de l'Université de la Saskatchewan (Saskatoon, Sask.)

Bartha Maria Knoppers, O.C., O.Q., MSRC, MACSS, professeure titulaire et directrice, Centre de génomique et politiques, Département de génétique humaine, Faculté de médecine, Université McGill (Montréal, Qc)

Maryse Lassonde, O.C., O.Q., MSRC, MACSS, directrice scientifique, Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies; ancienne présidente, Société royale du Canada (Montréal, Qc)

Pierre Lortie, C.M., FACG, conseiller principal, affaires, chez Dentons s.r.l.; ancien président de l'Académie canadienne du génie (Montréal, Qc)

Lydia Miljan, professeure agrégée en sciences politiques et directrice du programme des arts et des sciences, Université de Windsor (Windsor, Ont.)

Linda Rabeneck, MACSS, vice-présidente, Prévention et lutte contre le cancer, Action cancer Ontario; présidente, Académie canadienne des sciences de la santé (Toronto, Ont.)

Douglas Ruth, FACG, professeur et doyen émérite, doyen associé (Études de design), titulaire de la chaire du CRSNG en génie de la conception et directeur du Centre de pratique professionnelle du génie et de formation en génie, Université du Manitoba; président, Académie canadienne de génie (Winnipeg, Man.)

* Renseignements à jour en mars 2018

Comité consultatif scientifique du Conseil des académies canadiennes*

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

David Castle, vice-recteur à la recherche et professeur, École d'administration publique; professeur auxiliaire, École de gestion Gustavson, Université de Victoria (Victoria, C.-B.)

Sophie D'Amours, O.C., FACG, rectrice, Université Laval (Québec, Qc)

Jackie Dawson, MSRC, professeure agrégée et Chaire de recherche du Canada sur l'environnement, la société et les politiques, Université d'Ottawa (Ottawa, Ont.)

Jean Gray, C.M., MACSS, professeure émérite en enseignement médicale, en médecine et en pharmacologie, Université Dalhousie (Halifax, N.-É.)

John Hepburn, MSRC, vice-président à la recherche, CIFAR (Toronto, Ont.)

Eddy Isaacs, FACG, président, Eddy Isaacs, Inc.; conseiller stratégique, Génie, Université de l'Alberta (Edmonton, Alb.)

Gregory S. Kealey, C.M., MSRC, professeur émérite, Département d'histoire, Université du Nouveau-Brunswick (Fredericton, N.-B)

Malcolm King, MACSS, directeur scientifique, Institut de la santé des Autochtones des Instituts de recherche en santé du Canada; professeur, Université de la Saskatchewan (Saskatoon, Sask.)

Stuart MacLeod, MACSS, professeur de pédiatrie (émérite), Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.); professeur auxiliaire, Département de santé communautaire et d'épidémiologie, Université Dalhousie (Halifax, N.-É.)

Barbara Neis, C.M., MSRC, professeure distinguée, titulaire de la chaire John Paton Lewis, Université Memorial de Terre-Neuve (St. John's, T.-N.-L.)

Nicole A. Poirier, FACG, présidente, KoanTeknico Solutions Inc. (Beaconsfield, Qc)

*Renseignements à jour en mars 2018

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