Sommaire : 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

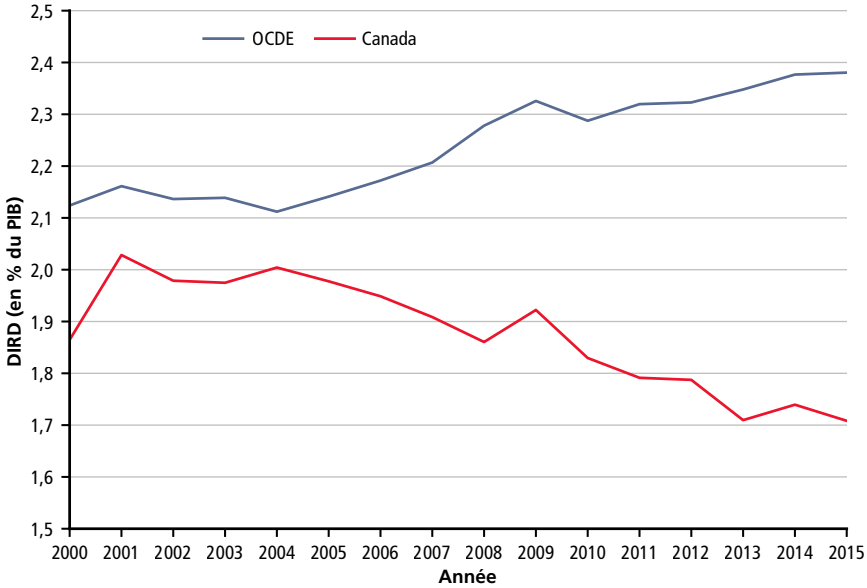
d'experts que les contributions en sciences sociales, en arts et en sciences humaines sont tout aussi importantes pour la prospérité nationale; il est donc vital qu'elles soient mieux mesurées et évaluées.

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

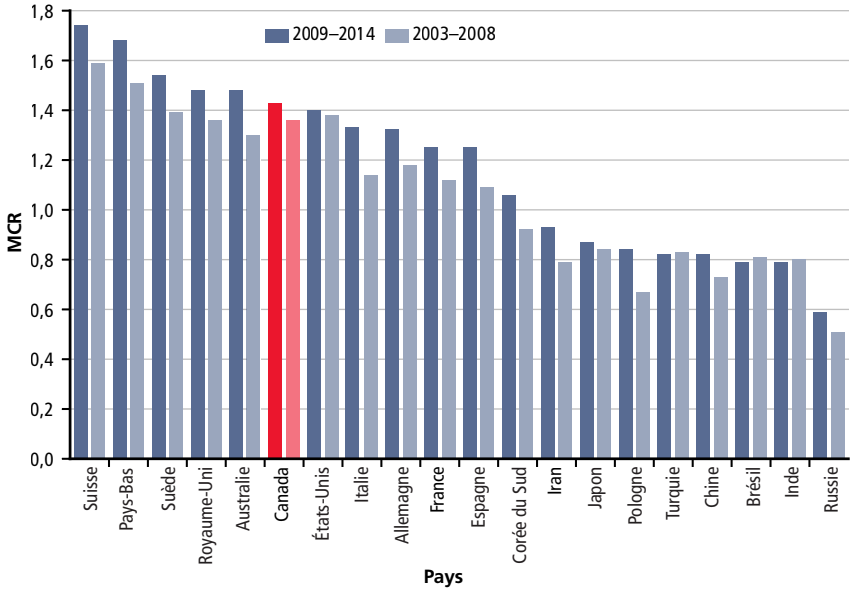
Entre 2009 et 2014, le Canada a produit 3,8 % des publications de recherche planétaires et occupait la neuvième place mondiale. Il s'agit d'une baisse par rapport au septième rang qu'il détenait entre 2003 et 2008. L'Inde et l'Italie ont dépassé le Canada, même si l'écart avec l'Italie est réduit. La 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)

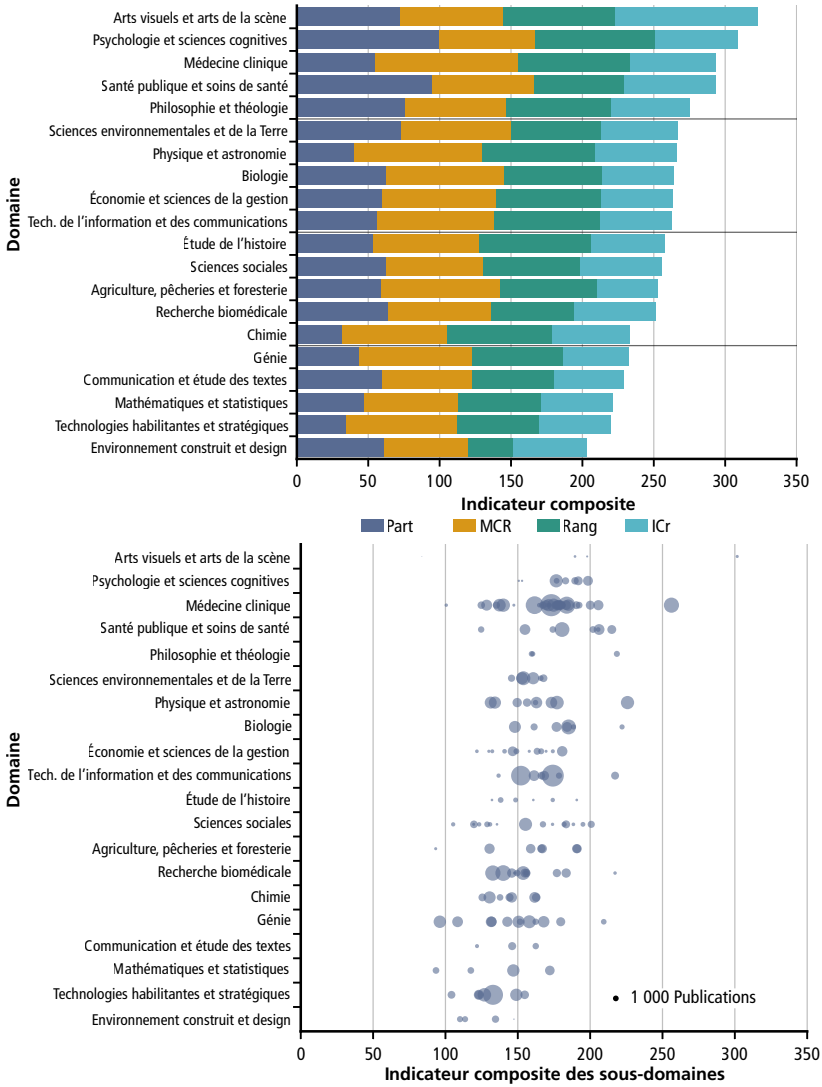
Figure 2

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.

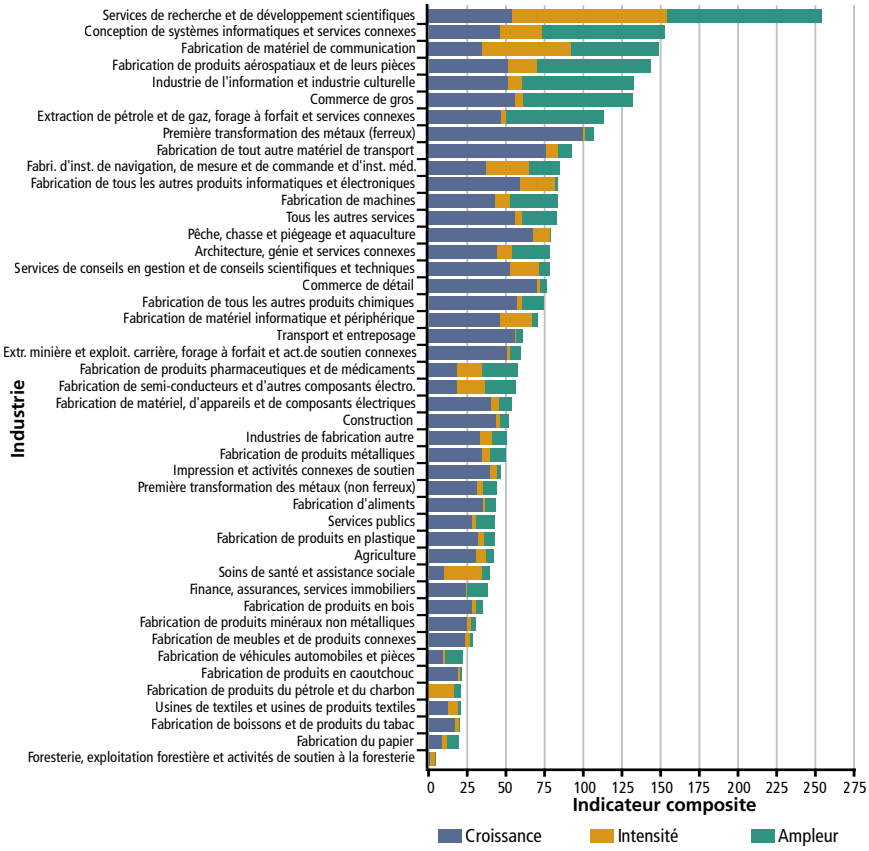
Hormis en biotechnologie, le Canada ne figure parmi les cinq premiers pays au classement selon la MCR dans aucun des sous-domaines des technologies habilitantes et stratégiques. C'est en optoélectronique et photonique qu'il est le mieux classé ensuite, avec une septième place, suivi de matériaux et de 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 20011–2015), 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

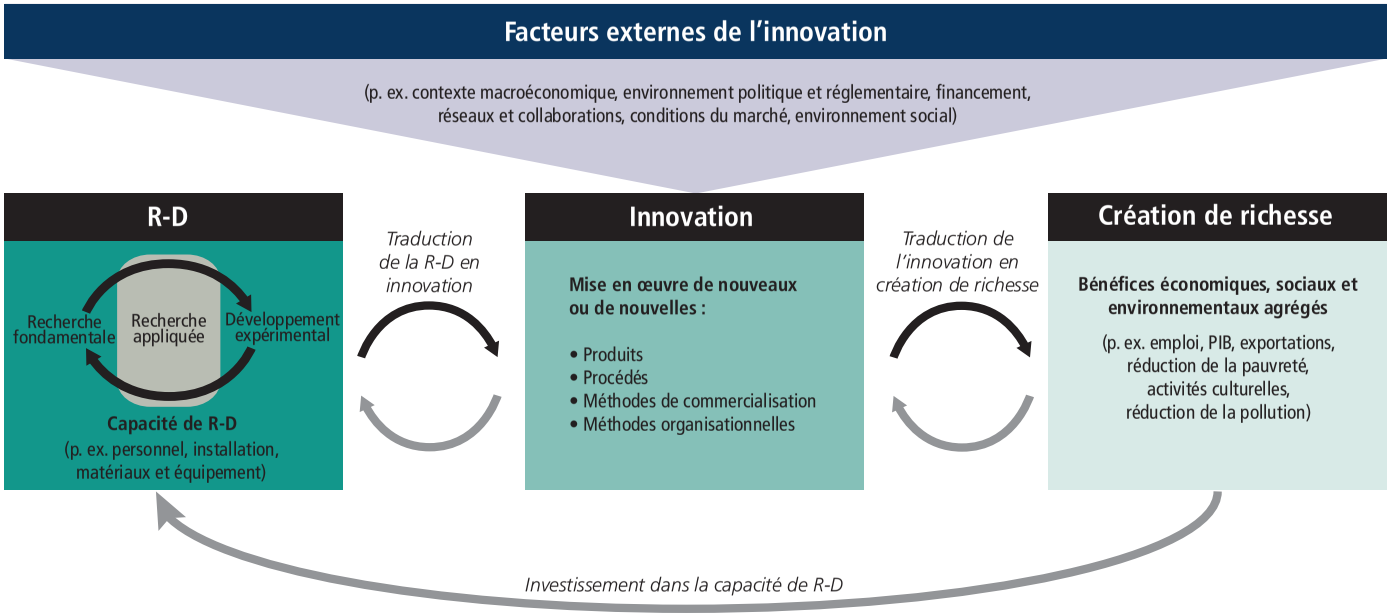


Figure 5

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.

Tableau 2

Principaux indicateurs bibliométriques

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.

suite à la page suivante

Indicateur	Description
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.
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.