Dynamiser la découverte

Le comité d'experts sur les pratiques internationales pour financer la recherche en sciences naturelles et en génie

CCA | CAC

Dynamiser la découverte

Le comité d'experts sur les pratiques internationales pour financer la recherche en sciences naturelles et en génie

CCA | CAC

Conseil des académies canadiennes
180, rue Elgin, bureau 1401, Ottawa (Ontario) Canada K2P 2K3

Le projet sur lequel porte ce rapport a été entrepris avec l'approbation du conseil d'administration 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 particulières et dans le but d'obtenir un éventail équilibré de points de vue.

Ce rapport a été préparé à la demande du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG). Les opinions, les constatations et les conclusions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs, le comité d'experts sur les pratiques internationales pour financer la recherche en sciences naturelles et en génie, et ne représentent pas nécessairement les opinions de leurs organisations d'affiliation ou d'emploi, ou de l'organisation commanditaire, le CRSNG.

Bibliothèque et Archives Canada

ISBN : 978-1-926522-93-7 (livre)
978-1-926522-92-0 (livre électronique)

Ce rapport devrait être cité comme suit :

Conseil des académies canadiennes, 2021. *Dynamiser la découverte*, Ottawa (Ontario). Le comité d'experts sur les pratiques internationales pour financer la recherche en sciences naturelles et en génie, 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 ce 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.

CCA | CAC

Canada

Ce projet a été rendu possible grâce au soutien du gouvernement du Canada

Le Conseil des académies canadiennes

Le Conseil des académies canadiennes (CAC) est un organisme indépendant à but non lucratif qui réalise des évaluations spécialisées indépendantes, étayées scientifiquement et faisant autorité, dans le but d'éclairer 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 et mis à la disposition du public sans frais. Des fondations, des organisations non gouvernementales, le secteur privé et tout ordre de gouvernement peuvent soumettre au CAC des questions susceptibles de faire l'objet d'une évaluation.

www.rapports-cac.ca

@cca_reports

Les Académies

Le CAC est soutenu par ses trois académies fondatrices :

La Société royale du Canada (SRC)

Fondée en 1882, la SRC comprend l'Académie 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. Sa mission consiste à reconnaître les plus éminents intellectuels, chercheurs et créateurs, à conseiller les gouvernements et les organisations, et à favoriser l'avancement du savoir et de l'innovation au Canada avec d'autres académies nationales partout dans le monde.

L'Académie canadienne du génie (ACG)

L'ACG est l'organisme national par l'entremise duquel les ingénieurs les plus chevronnés et émérites du Canada offrent des conseils stratégiques sur des enjeux d'importance primordiale pour le pays. L'ACG est un organisme indépendant, autonome et à but non lucratif qui a été fondé en 1987. Les Fellows de l'ACG sont nommés et élus par leurs pairs, en fonction de leurs réalisations exceptionnelles et de leurs longs états de service au sein de la profession d'ingénieur. Les Fellows de l'ACG s'engagent à faire en sorte que l'expertise du Canada en ingénierie soit mise à contribution pour le plus grand bien de tous les Canadiens et de toutes les Canadiennes.

L'Académie canadienne des sciences de la santé (ACSS)

L'ACSS reconnaît l'excellence dans les sciences de la santé en nommant ses membres en fonction de leurs réalisations exceptionnelles dans les disciplines universitaires des sciences de la santé au Canada et de leur volonté de servir le public canadien. L'ACSS fournit des évaluations opportunes, factuelles et impartiales sur des sujets qui touchent la santé de la population canadienne, et recommande des solutions stratégiques et réalisables. Fondée en 2004, l'ACSS nomme de nouveaux membres sur une base annuelle. L'ACSS est dirigée par un conseil d'administration constitué de volontaires et par un comité de direction.

Comité d'experts sur les pratiques internationales pour financer la recherche en sciences naturelles et en génie

Guidé par son comité consultatif scientifique, son conseil d'administration et les académies fondatrices, le CAC a constitué le comité d'experts sur les pratiques internationales pour financer la recherche en sciences naturelles et en génie pour entreprendre ce projet. Chacun de ces spécialistes a été choisi pour son expertise, son expérience et son leadership éprouvé dans les domaines pertinents pour le projet.

Shirley M. Tilghman, O.C., MSR (présidente), présidente émérite et professeure, biologie moléculaire et affaires publiques, Université de Princeton (Princeton, NJ)

Janice Bailey, directrice scientifique, Fonds de recherche du Québec – Nature et technologie (FRQNT) (Québec, Qc)

Jean-Pierre Bourguignon, ancien président, Conseil européen de la recherche, et professeur honoraire, Institut des Hautes Études Scientifiques (Bures-sur-Yvette, France)

Yuko Harayama, Executive Director, RIKEN (Wako, Japon)

Victoria Kaspi, C.C., MSR, MSRC, directrice, Institut Spatial de McGill, et professeure de physique, Université McGill (Montréal, Qc)

Kei Koizumi, conseiller indépendant en politiques scientifiques (Washington, DC, et Shanghai, Chine)

Philip Nelson, CBE FREng, professeur d'acoustique, Institute of Sound and Vibration Research, Université de Southampton, et ancien administrateur général, UK Engineering and Physical Sciences Research Council (Southampton, Royaume-Uni)

Denis Thérien, vice-président, Recherche et partenariats, ServiceNow Element AI (Montréal, Qc)

Message du président-directeur général

Dès que le CRSNG approcha le CAC au début de 2020 pour lui demander d'évaluer les pratiques de financement de la recherche, nous avons accepté de le faire avec autant d'enthousiasme et de sérieux que pour tout autre projet. En effet, ayant récemment produit des rapports sur les risques accrus qui sont attribuables aux changements climatiques et aux conséquences terrifiantes de la résistance aux antimicrobiens, nous avions hâte de nous pencher sur un sujet moins sinistre. La réalisation d'une évaluation en période de pandémie mondiale représentait cependant un défi que nous n'avions pas prévu.

Au moment où le comité d'experts s'est réuni pour la première fois au printemps 2020, le monde avait changé. La COVID-19 perturbait fortement la vie quotidienne au Canada et ailleurs sur la planète, limitant ainsi les déplacements, le commerce et l'éducation ainsi que la vie familiale et professionnelle. Elle imposait des contraintes dans notre existence et nuisait aux systèmes sociaux, aux établissements ainsi qu'aux échanges dont la société dépend de manière si cruciale. Nous continuons d'observer ses répercussions dévastatrices, sachant qu'il s'agit là d'une tragédie avec laquelle, en tant que Canadiens et citoyens du monde, nous serons aux prises pendant de nombreuses années.

Malgré tout, la COVID-19 a entraîné de nombreux changements, mais certaines choses sont demeurées inchangées. Elle n'a pas éliminé le besoin de poursuivre la recherche comme celle que finance le CRSNG. Au contraire, la pandémie a souligné combien les scientifiques et leurs travaux sont essentiels afin de protéger la société (contre des menaces connues et inconnues) et combien il est difficile pour les organismes subventionnaires de trouver un équilibre entre répondre aux besoins immédiats et maintenir le soutien à la recherche fondamentale spéculative. Ces organismes se trouvent confrontés à des décisions complexes lorsqu'ils envisagent la manière de structurer les programmes de financement et de maximiser leurs retombées. La volonté du CRSNG de s'assurer que ses approches en matière de financement sont ancrées dans les meilleures données probantes qui soient et guidées par des experts possédant une expérience dans un large éventail de systèmes de financement et de domaines de recherche est tout à son honneur.

Une deuxième chose que la COVID-19 n'a pu changer, heureusement, réside dans la capacité du CAC à faire ce dans quoi nous excellons : réunir des experts, évaluer les données probantes et éclairer les décisions. Depuis mars 2020, à l'instar de nombreuses organisations, le CAC évolue dans l'environnement virtuel. Le présent rapport est le fruit de la première évaluation qu'il a réalisée entièrement en ligne. Le personnel du CAC à Ottawa et à Victoria et les membres du comité d'experts se trouvaient sur trois continents couvrant plusieurs fuseaux horaires, mais l'évaluation n'a pris de retard à aucune étape. Je suis impressionné par le professionnalisme de nos employés et par la rigueur du comité d'experts, dirigé de main de maître par Shirley M. Tilghman. En remerciant le comité de ses efforts, je tiens à exprimer également ma gratitude et mon appréciation au CRSNG, qui a demandé au CAC de réaliser cette évaluation. La recherche menée avec l'appui d'organismes subventionnaires comme le CRSNG façonnera notre avenir. Je ne doute pas que les points de vue exposés dans le présent rapport se révéleront utiles pour guider ces travaux d'une importance primordiale pendant encore bien des années.

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

Message de la présidente

La science et le génie occupent une place essentielle dans la société moderne. Les découvertes réalisées il y a plusieurs décennies sous-tendent les technologies que nous utilisons désormais couramment dans notre vie quotidienne, tandis que d'autres attendent en coulisses des possibilités de catalyser les percées futures. En outre, la science fait appel à notre curiosité et capte notre imagination, rappelant ainsi continuellement à la société ce qui est encore inconnu pendant que les chercheurs redessinent la carte des connaissances humaines pour repousser ses limites et ouvrir de nouvelles voies.

Cependant, les organisations chargées d'appuyer la recherche en sciences naturelles et en génie se heurtent à des défis majeurs de nos jours. Alors même que l'investissement public dans la recherche a ralenti dans bien des pays, la sphère d'activité de nombreux organismes subventionnaires s'est élargie. Les organismes adaptent ou éliminent d'anciens programmes et en créent de nouveaux, souvent en réaction aux besoins sociétaux du jour. Les efforts déployés récemment pour faire face à la pandémie de COVID-19 illustrent ce processus en soulignant l'importance de faire preuve de flexibilité. En effet, les organismes subventionnaires ont dû s'adapter pour accélérer la recherche répondant aux besoins immédiats, sans négliger la recherche fondamentale spéculative du même type que celle qui a permis de créer les nouveaux vaccins à ARN-messager. En outre, les organismes subventionnaires occupent une place centrale dans le paysage de la recherche, ce qui leur confère une capacité exceptionnelle de promouvoir les normes scientifiques et de soutenir une main-d'œuvre à la fois robuste et résiliente à une époque où l'on remet de plus en plus en question les conventions et les pratiques auparavant normales.

Dans le présent rapport, nous soulignons de nombreuses pratiques employées à l'échelle internationale pour atteindre ces objectifs et certains autres ainsi que les tensions et les concessions qui les accompagnent. En s'inspirant de l'expériences d'un large éventail d'organismes de financement et de pays, notre rapport présente un spectre d'approches destinées à appuyer les chercheurs et différents types de recherche. Il met également en lumière des approches novatrices et prometteuses qui pourraient réduire le fardeau administratif, accroître l'efficience administrative du financement ainsi que favoriser et mesurer les retombées, tout en soulignant combien les données probantes qui permettent d'évaluer ces approches sont limitées et partielles. Bien entendu, les pratiques ne fonctionnent pas toutes dans chacun des contextes. Les différences d'un pays à l'autre sont inévitables, si bien

qu'il est souvent difficile d'importer les « pratiques exemplaires » d'un contexte à l'autre. Néanmoins, quels que soient le pays ou la situation, les organismes de financement de la recherche actuels ont bon nombre de défis en commun. Les pratiques proposées dans le présent document offrent aux organismes de financement canadiens et à leurs homologues internationaux des avenues prometteuses à expérimenter.

J'ai été vraiment ravie de diriger ce comité d'experts, qui a su profiter au maximum de l'environnement virtuel et qui a réalisé des progrès constants malgré les circonstances difficiles. J'aimerais remercier mes collègues membres du comité d'experts pour les idées et les points de vue qu'ils ont exprimés dans le cadre de nos discussions enrichissantes. Tous les participants, sans exception, ont parlé avec passion des possibilités qui attendent les organismes de financement. Je suis impatiente d'assister au dénouement de la discussion et je ne doute pas qu'il en soit de même pour les autres membres du comité d'experts.

Shirley M. Tilghman, Ph. D., O.C., MSR
Présidente, le comité d'experts sur les pratiques internationales pour financer la recherche en sciences naturelles et en génie

Remerciements

Au cours de ses discussions, le comité d'experts s'est entretenu avec plusieurs personnes qui lui ont fait part de leur expérience et de leurs connaissances. Le comité souhaite remercier les personnes suivantes pour leur participation :

Carlos Henrique de Brito Cruz, vice-président principal des réseaux de recherche, Elsevier, professeur, Institut de physique, Unicamp, et ancien directeur scientifique de la São Paulo Research Foundation (FAPESP), Brésil

Wei Yang Cheong, secrétaire adjoint (projets spéciaux), ministère de la Santé, à Singapour, et ancien chef de la direction adjoint de la Fondation nationale pour la recherche, Singapour

Andrew Cleland, directeur général, Royal Society Te Apārangi, Nouvelle-Zélande

Suzanne Fortier, principale et vice-chancelière, Université McGill, Canada

Peter Strohschneider, ancien président, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Allemagne

Wim van Saarloos, président de 2018 à 2020, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Pays-Bas

Koen Vermeir, chargé de recherche, Centre national de la recherche scientifique (CNRS), et ancien coprésident, Global Young Academy, France

Sir Mark Walport, ancien directeur général, UK Research and Innovation (UKRI), et ancien directeur, Wellcome Trust, Royaume-Uni

Équipe de projet du Conseil des académies canadiennes

Équipe d'évaluation :	**Dane Berry,** directeur du projet
	Alexei Halpin, associé de recherche
	Katharine Sedivy-Haley, chercheuse
	Weronika Zych, coordonnatrice principale du projet

Avec l'aide de :

Concepteur	gordongroup
Révision	Jody Cooper
Traduction, En-Fr	Rossion, Inc.

Examen du rapport

La version préliminaire de ce rapport a été revue par des examinateurs choisis par le CAC pour la diversité de leurs points de vue et de leurs domaines d'expertise. Les examinateurs ont évalué l'objectivité et la qualité du rapport. Le comité a examiné intégralement leurs observations confidentielles et a intégré bon nombre de leurs suggestions. Le CAC ne leur a pas demandé d'en cautionner les conclusions, et ils n'ont pas vu la version finale avant publication. La responsabilité du contenu final de ce rapport incombe entièrement au comité qui l'a rédigé et au CAC.

Le CAC tient à remercier les personnes suivantes pour leur examen du présent rapport :

Elizabeth Croft, FACG, professeure et doyenne, faculté de génie, Université Monash, et professeure affiliée honoraire, Université de la Colombie-Britannique (Melbourne, Australie)

Peter Gruss, président et chef de la direction, Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University, et ancien président, Max Planck Society (Okinawa, Japon)

Vincent Larivière, titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur les transformations de la communication savante et professeur des sciences de l'information, Université de Montréal (Montréal, Qc)

Margaret Sheil, vice-chancelière et rectrice, Queensland University of Technology, et ancienne présidente-directrice générale, Australian Research Council (Brisbane, Australie)

Arian Steenbruggen, directeur des sciences du domaine, Dutch Research Council (NWO) (La Haye, Pays-Bas)

Neil Turok, O.C., MSRC, directeur émérite, Institut Périmètre en physique théorique, et titulaire de la Chaire Higgs de physique théorique, Université d'Édimbourg (Édimbourg, Royaume-Uni)

La procédure d'examen du rapport a été supervisée, au nom du conseil d'administration et du comité consultatif scientifique du CAC, par **John Hepburn, MSRC**, président-directeur général et directeur scientifique de Mitacs. 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 monsieur Hepburn d'avoir supervisé consciencieusement l'examen du rapport.

Abréviations

ARC	Australian Research Council (Australie)
CDC	chercheur en début de carrière
CRSH	Conseil de recherches en sciences humaines (Canada)
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (Canada)
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency (États-Unis)
DFG	German Research Foundation (Allemagne)
DORA	San Francisco Declaration on Research Assessment
EDI	équité, diversité et inclusion
EPSRC	Engineering and Physical Sciences Research Council (Royaume-Uni)
ERC	Conseil européen de recherche
ESRC	Economic and Social Research Council (Royaume-Uni)
FAPESP	São Paulo Research Foundation (Brésil)
FCI	Fondation canadienne pour l'innovation
FIR	facteur d'impact des revues
HFSPO	International Human Frontier Science Program Organization
IRSC	Instituts de recherche en santé du Canada
NARCH	Native American Research Centers for Health (États-Unis)
NIH	National Institutes of Health (États-Unis)
NSF	National Science Foundation (États-Unis)
NWO	Dutch Research Council (Pays-Bas)
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
R-D	recherche et développement
RCN	Research Council of Norway (Norvège)
REF	Research Excellence Framework (Royaume-Uni)
SNG	sciences naturelles et génie
UKRI	UK Research and Innovation (Royaume-Uni)

Sommaire

À la demande du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), le Conseil des académies canadiennes (CAC) a mis sur pied un comité d'experts, qu'il a chargé d'examiner l'état des connaissances concernant les pratiques efficaces pour soutenir la recherche en sciences naturelles et en génie (SNG) dans le monde ainsi que la façon dont certaines de ces pratiques de financement pourraient être appliquées au Canada. En s'appuyant sur les données probantes publiées et sur les commentaires exprimés par des spécialistes du financement de la recherche de nombreux pays (en particulier l'Allemagne, l'Australie, le Brésil, le Canada, les États-Unis, la France, le Japon, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et Singapour), le comité d'experts a examiné les pratiques de financement destinées à améliorer le soutien à la recherche par différents moyens, entre autres en appuyant les chercheurs tout au long de leur carrière; en améliorant l'équité, la diversité et l'inclusion au sein du milieu de la recherche; en appuyant la recherche interdisciplinaire et à haut risque; en favorisant la flexibilité dans le domaine de la recherche; ainsi qu'en améliorant l'efficience administrative et les retombées du financement de la recherche.

Principales constatations

Le paysage social et scientifique en pleine évolution

Les préoccupations suscitées par la concurrence accrue pour l'obtention du financement augmentent dans plusieurs pays, tandis que les dépenses gouvernementales au titre de la recherche et du développement (R-D) ne suivent pas le rythme de l'augmentation des besoins en investissements et du nombre de chercheurs.

Les dépenses globales de R-D continuent d'augmenter constamment, sous l'effet de l'expansion rapide en Asie et des investissements croissants dans la R-D des entreprises privées. Toutefois, les investissements gouvernementaux dans la R-D stables ou en baisse dans de nombreux pays de l'OCDE (dont le Canada), combinés à l'augmentation du nombre de chercheurs, ont accentué la pression exercée sur les candidats et fait baisser le taux de réussite (c'est-à-dire la proportion des candidats qui obtiennent un financement) au sein de bon nombre d'organismes de financement public. On observe par conséquent un accroissement des préoccupations concernant l'hyperconcurrence. De plus, le paysage du financement est devenu plus complexe, car la démarcation entre les principaux types de financement gouvernemental (financement *attribué par voie de concours* sous la forme de subventions par rapport au financement *institutionnel* ou *global*) est devenue floue en raison de la prolifération des mécanismes hybrides. Par conséquent, les gouvernements ont accès à un plus large éventail de modèles de financement, qu'ils peuvent utiliser (séparément ou en combinaison) afin de répondre à des besoins et à des objectifs particuliers Le financement de la recherche provenant de l'industrie et de fondations prend également de l'importance dans nombre de régions et de domaines de recherche, en particulier en sciences biomédicales.

Dans un paysage social et scientifique en constante évolution, les organismes de financement de la recherche deviennent plus actifs en tant que promoteurs des normes et des pratiques scientifiques.

À mesure que l'on porte davantage attention aux interactions entre la science et la société, les organismes de financement prennent plus activement part à l'élaboration de normes, pour des domaines tels que les pratiques de publication et d'évaluation de la recherche, le partage des données et la science ouverte; l'éthique et l'intégrité de la recherche; l'équité et la diversité; ainsi que la sensibilisation du public et sa participation dans le domaine scientifique. Les organismes de financement public exercent leurs activités au point de convergence du gouvernement, du secteur de l'enseignement supérieur, de l'industrie et d'autres

intervenants. La place centrale qu'ils occupent leur procure un effet de levier unique leur permettant d'influer sur les pratiques et les normes en matière de recherche. Ce type de responsabilités exige souvent une collaboration active et continue avec le milieu scientifique, l'élaboration de nouveaux mécanismes et l'acquisition de nouvelles compétences. Ces rôles ont pris un nouveau caractère d'urgence dans la lutte contre la pandémie de COVID-19, qui a modifié en peu de temps le paysage scientifique. Tout en augmentant la rapidité et l'ampleur de la collaboration dans certains domaines, la pandémie a accentué le stress chez les chercheurs, exacerbé les iniquités préexistantes et suscité des préoccupations concernant l'érosion de mécanismes de contrôle traditionnels de la qualité et de la rigueur de la recherche. En outre, la COVID-19 a souligné l'importance de renforcer la confiance du public à l'égard de la science et des établissements à vocation scientifique. Compte tenu de l'incertitude qui entoure encore les répercussions à long terme de la pandémie, les organismes de financement de la recherche en SNG devront surveiller attentivement l'évolution de la situation à mesure qu'ils s'adapteront aux besoins changeants du milieu de la recherche, des décideurs et du public.

Pratiques de financement de la recherche en SNG prometteuses et efficaces

La formation d'une main-d'œuvre scientifique solide, résiliente et diversifiée est essentielle pour renforcer la capacité de recherche d'un pays, mais il faut à cette fin appuyer les chercheurs tout au long de leur carrière.

Le succès du financement futur de la recherche repose sur l'efficacité de la formation et du soutien de la prochaine génération de chercheurs. La concurrence accrue et la baisse des taux de réussite pour l'obtention du financement observées dans de nombreux pays ont eu des effets négatifs sur les chercheurs en début de carrière et ceux issus de groupes sous-représentés ou défavorisés. Les chercheurs en début de carrière peuvent bénéficier d'un soutien accru grâce aux nombreux ajustements apportés aux programmes de financement standard, mais la segmentation des subventions destinée à permettre aux candidats de rivaliser avec des chercheurs qui en sont à un stade comparable dans leur carrière est particulièrement efficace pour appuyer la progression professionnelle et créer une main-d'œuvre adaptable. Les organismes subventionnaires peuvent avoir recours à diverses pratiques prometteuses pour mieux soutenir l'équité, la diversité et l'inclusion au sein du milieu de la recherche – établissement de cibles explicites en matière de diversité; offre de programmes de financement réservés aux candidats issus de groupes défavorisés; adoption d'une charte sur l'égalité (qui peut être liée à l'admissibilité des établissements au financement); et recours à des pratiques qui réduisent les préjugés dans le cadre de l'évaluation par les pairs. La recherche et les chercheurs autochtones se heurtent à des défis uniques en leur

genre. Il arrive souvent que les groupes d'évaluation ne possèdent pas l'expérience nécessaire pour évaluer la recherche autochtone. En outre, de nombreux aspects des subventions habituelles, comme les échéanciers fixes ou les exigences concernant le partage des données, ne cadrent pas avec les pratiques de recherche autochtone. La meilleure façon de relever ces défis consiste à mettre en place des programmes de subventions spécialisés et des groupes d'évaluation distincts, à offrir un financement à des équipes de recherche communautaires et à adopter des pratiques connexes expressément adaptées à la recherche et aux chercheurs autochtones.

L'innovation dans les processus de présentation et d'évaluation des demandes, comme les subventions de plus longue durée et un soutien accru à la collaboration, peut avoir un effet bénéfique sur la recherche interdisciplinaire et à haut risque.

Certains types de recherche en SNG bénéficient d'une rupture par rapport aux approches de financement standard articulées autour de comités d'évaluation axés sur les disciplines et d'échéanciers types. Par exemple, la recherche multidisciplinaire et interdisciplinaire bénéficie d'un soutien accru au réseautage et à la collaboration; d'appels de propositions sur mesure; d'une adaptation des structures organisationnelles et des processus d'évaluation en place; de cadres généraux, comme les « Grands Défis »; ainsi que du soutien aux réunions et à la collaboration en continu. En outre, nombre de pratiques en matière de présentation et d'évaluation des demandes de subvention dissuadent les chercheurs de présenter des propositions à haut risque et à haut rendement en raison d'un conservatisme inhérent au processus d'évaluation, tendance qui devient plus problématique à mesure que la concurrence s'intensifie. Des organismes subventionnaires ont eu recours à de nombreuses pratiques dans le cadre de programmes spécialisés portant sur la recherche à haut risque, comme une réduction de la longueur des propositions assortie d'une anonymisation des candidats, pour attirer des propositions moins habituelles. Des subventions ayant une longue période de validité et assorties de modalités plus souples, y compris les initiatives axées sur la résolution de problèmes, incitent également les chercheurs à prendre des risques grâce à la stabilité offerte, tout en renforçant la capacité d'adaptation aux événements externes. La COVID-19 a montré l'importance de la capacité d'adaptation et de la flexibilité dans les portefeuilles de financement. À cette fin, les organismes de financement peuvent recourir à des cycles d'application continus, ou bien consacrer une tranche de ressources réservée au soutien en temps opportun.

L'augmentation de l'efficience des processus de financement et l'appui des efforts destinés à catalyser un large éventail de retombées, aident les organismes subventionnaires à mieux tirer parti de leurs ressources.

Les processus traditionnels de demande de subvention imposent souvent un lourd fardeau aux candidats et aux évaluateurs. Alors que la concurrence devient plus vive dans les environnements de financement de la recherche en SNG, les organismes subventionnaires examinent soigneusement les processus d'évaluation standard afin de réduire le fardeau administratif et le temps requis. Des pratiques telles que la présélection et les prépropositions abrégées ont connu un certain succès à cet égard. Une expérimentation accrue de solutions de remplacement novatrices, par exemple l'évaluation distribuée et le tirage au sort après une présélection des propositions (jumelées à un rigoureux processus de collecte de données au sujet de ces expériences), peut aider les organismes subventionnaires en SNG à mieux évaluer les coûts et les avantages de nouvelles approches. Pour accroître l'utilisation des résultats de la recherche et ses retombées, les organismes subventionnaires peuvent améliorer l'accès à ces résultats en appuyant les principes du libre accès et l'infrastructure connexe, notamment les répertoires d'articles et de données. Les organismes peuvent également stimuler un maillage accru entre la science et la société en tenant des consultations pour définir les initiatives stratégiques et en offrant des programmes ciblés pour favoriser le rayonnement et l'éducation. Ils peuvent aussi encourager les chercheurs à indiquer les retombées sociétales envisagées dans leur proposition et leur donner une formation pour les aider à concrétiser ces retombées. En évitant d'établir des critères d'évaluation trop stricts, on augmente les chances de ne pas laisser passer des formes variées (et inattendues) de retombées.

Application des pratiques efficaces pour le financement de la recherche en SNG au Canada

L'efficacité des pratiques de financement de la recherche en SNG varie selon le contexte. Pour adapter les pratiques observées à l'étranger dans l'ensemble du Canada, il faut les moduler minutieusement en fonction de l'environnement de financement diversifié au pays.

Le paysage du financement de la recherche en SNG au Canada comporte de nombreuses facettes. Le nombre d'organismes subventionnaires participants (notamment les organismes fédéraux, provinciaux ou territoriaux) multiplie le nombre d'options offertes aux chercheurs, mais une coordination efficace s'impose pour réduire l'inefficience et éviter un manque d'harmonisation. La R-D industrielle se maintient à un faible niveau à l'échelle domestique, ce qui limite les possibilités de collaboration avec le secteur privé et souligne la place centrale qu'occupe la

recherche universitaire. De nombreux aspects de l'environnement de recherche échappent au contrôle direct des organismes subventionnaires. Cependant, ceux-ci peuvent jouer un rôle de soutien important en réduisant les obstacles démographiques et institutionnels auxquels font face les chercheurs en début de carrière, en améliorant la diversité du corps professoral, en attirant et en maintenant en poste des chercheurs de talent et en atténuant les effets négatifs d'une répartition inégale du financement entre les régions. Ces organismes doivent également composer avec des priorités parfois contradictoires et le besoin continu d'assurer un équilibre entre les niveaux de financement et les taux de réussite. Des subventions trop modestes pourraient être contre-productives et alourdir le fardeau lié à la présentation des demandes, mais la plupart des données probantes empiriques font pencher la balance vers la priorisation d'une distribution plus vaste des fonds et des taux de réussite plus élevés. Cette approche cadre avec l'aide à la recherche modeste accordée en vertu du Programme de subventions à la découverte, même si son efficacité repose sur un écosystème de soutien offrant des options de financement supplémentaires. Alors que l'expérience internationale ne semble pas indiquer qu'il existe un seul équilibre « correct » entre la recherche dirigée par les chercheurs et la recherche déterminée en fonction des priorités, le CRSNG et d'autres organismes subventionnaires de la recherche en SNG devraient se méfier de la recherche axée sur les priorités si elle devient trop dominante, car la recherche actuelle dirigée par les chercheurs pourrait s'avérer essentielle afin de réaliser les priorités de demain.

Amélioration des données probantes pour les futurs organismes subventionnaires en SNG

Parallèlement au partage des données et à des évaluations rigoureuses, une expérimentation accrue de pratiques de financement de remplacement pourrait aider les organismes subventionnaires à mieux comprendre les options s'offrant à eux.

Les données probantes quant à l'efficacité de la plupart des pratiques de financement de la recherche en SNG sont limitées. Le manque de données probantes propres à documenter leurs résultats – amplifié par la difficulté d'attribuer le succès ou l'échec de la recherche à une source de financement unique – a souvent entravé les discussions du comité d'experts portant sur ces pratiques. Nombre de pratiques de financement semblent prometteuses, mais elles ne sont étayées par aucune évaluation rigoureuse. Lorsque l'on compare des pratiques différentes visant des objectifs communs, il est rarement possible de déterminer laquelle est supérieure. En outre, les différences entre les pays compliquent les tentatives de comparaison (et de transfert) des pratiques de financement. Cependant, on voit poindre de nouvelles possibilités d'améliorer ces données probantes. Une collecte et un partage accrus des données par les

organismes de financement pourraient contribuer à établir un lien entre, d'une part, certaines pratiques et approches de financement et, d'autre part, les résultats de la recherche dans des études contrôlées. Des évaluations plus vastes et approfondies peuvent également renforcer la reddition de comptes et mettre en lumière l'efficacité relative des différentes approches de financement (même s'il faut éviter d'alourdir le fardeau du milieu de la recherche). En appuyant l'expérimentation au moyen de pratiques et d'approches de remplacement, les organismes de financement peuvent s'assurer d'élargir et d'améliorer la base de données probantes au fil du temps et de donner ainsi un portrait plus clair des pratiques de financement de la recherche en SNG les plus susceptibles d'être efficaces dans tout contexte donné.

Table des matières

1

Introduction

Les organismes publics qui financent la recherche en sciences naturelles et en génie (SNG) se heurtent à un nombre croissant de défis. Avec des ressources limitées, de quelle façon les organismes de financement bénéficiant d'un soutien public peuvent-ils maximiser les possibilités de nouvelles découvertes et percées scientifiques, tout en favorisant la formation de la prochaine génération de chercheurs? Dans un environnement en rapide évolution (touché à l'heure actuelle par une pandémie mondiale), de quelle façon les organismes subventionnaires peuvent-ils s'assurer que leurs investissements répondent aux priorités gouvernementales et aux besoins de la société, tout en appuyant largement la recherche spéculative? De quelles façons peuvent-ils préserver un équilibre au chapitre du soutien entre différentes disciplines et entre les différents aspects des activités de recherche, et collaborer avec d'autres organismes subventionnaires pour assurer le bon fonctionnement du système? Et de quelle façon peuvent-ils mieux appuyer les chercheurs issus de groupes marginalisés pour assurer une amélioration continue de la diversité et de l'équité?

Il est difficile de répondre à ces questions. En effet, malgré les appels à une « politique sur la science de la science » [traduction libre] (Marburger, 2007; Lane *et al*., 2011), les données probantes se rapportant à nombre de ces enjeux sont limitées. Les efforts déployés pour évaluer d'anciens programmes de financement manquaient d'uniformité et ont produit des résultats mitigés. La situation se complique davantage en raison du défi titanesque consistant à évaluer les résultats de la recherche, alors que leurs retombées véritables n'apparaissent parfois qu'après plusieurs décennies (ou plus tard encore). Par conséquent, l'approche adoptée varie souvent d'un organisme de financement à l'autre. Les séries actuelles de programmes et de pratiques peuvent s'ancrer dans l'histoire et dans la culture institutionnelle et créer ainsi des obstacles considérables au changement. Certains organismes subventionnaires sont plus ouverts à l'innovation que d'autres, mais trop souvent les approches antérieures se perpétuent parce que le changement entraînerait des perturbations plutôt que parce qu'elles reflètent une évaluation des meilleures approches possibles fondées sur des données probantes.

Un traitement méthodique de ces questions représente une tâche colossale, mais cette démarche est également essentielle pour tirer le maximum des investissements publics dans la science. Au Canada, le gouvernement fédéral investit plus de 2,9 milliards de dollars par an dans la recherche en SNG. Cependant, depuis la crise financière mondiale de 2007-2008, les gouvernements de nombreux pays membres de l'OCDE n'ont pas augmenté le budget qu'ils consacrent à la R-D, ce qui accentue la pression exercée sur les chercheurs et les établissements à vocation scientifique. Dans le contexte d'une pandémie mondiale, le rôle de la science pour relever les grands défis sociaux n'a jamais été aussi évident. De même, les contraintes financières touchant les dépenses

futures au titre de la recherche, devraient vraisemblablement s'amplifier. Une exploration rigoureuse et transparente des pratiques de financement s'impose afin de donner l'assurance que les investissements futurs dans la recherche en SNG seront orientés par les meilleures données probantes et pratiques qui soient.

1.1 Mandat du comité d'experts

Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), le Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH) et les Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC) sont les principaux organismes fédéraux qui offrent un financement par voie de concours sous la forme de subventions de recherche. Le plan stratégique actuel du CRSNG visait à orienter les opérations de l'organisme jusqu'à la fin de 2020 (CRSNG, 2015b). Le CRSNG élabore actuellement un nouveau plan stratégique qui lui donnera une orientation pour les cinq à dix prochaines années.

Conscient de l'importance de mettre à jour sa stratégie à la lumière d'une évaluation des pratiques actuelles en matière de financement de la recherche scientifique, le CRSNG a demandé au Conseil des académies canadiennes (CAC), au printemps 2020, de mettre sur pied un comité d'experts pour évaluer les méthodes de soutien de la recherche en SNG dans les autres pays et de déterminer les leçons que le Canada peut tirer de ces expériences. Le CRSNG lui a expressément demandé de mettre sur pied un comité d'experts pour répondre aux questions suivantes :

Quel est l'état des connaissances concernant les pratiques efficaces pour le financement de la recherche en sciences naturelles et en génie (SNG) à l'échelle internationale et de quelle façon pourrait-on appliquer ces pratiques au financement de la recherche en SNG au Canada?

- Quelles grandes tendances observées dans la recherche en SNG au pays et ailleurs dans le monde sont les plus pertinentes quant à la façon dont on devrait soutenir les SNG à l'avenir?
- Quels rôles les organismes de financement de la recherche en SNG jouent-ils dans l'appui aux écosystèmes de recherche et de quelle façon ces rôles évoluent-ils?

1.2 Approche adoptée par le comité d'experts

En réponse à cette demande, le CAC a formé un comité d'experts multidisciplinaire composé de huit membres possédant une vaste expérience du financement et de

l'administration de la recherche, tant au Canada que dans d'autres pays. Ce comité a amorcé ses travaux au cours des mois suivant le début de la pandémie mondiale de COVID-19, si bien qu'il a mené ses activités en mode virtuel. Il s'est réuni à six reprises sur une période de neuf mois pour examiner les données probantes, en analyser les répercussions et discuter de son mandat. À l'instar de toutes les publications du CAC présentant les résultats d'évaluations, le rapport du comité d'experts a également fait l'objet d'un vaste processus d'évaluation par les pairs avant sa publication.

Tout au long de ces travaux, les discussions du comité d'experts ont été éclairées par deux sources principales de données probantes, soit une analyse documentaire et une série d'entrevues et de discussions supplémentaires avec d'autres experts.

Analyse documentaire

Une analyse documentaire structurée examinant la recherche récente sur les pratiques de financement a appuyé les efforts du comité d'experts. Elle était conçue en fonction de la portée de l'évaluation. Cette analyse reposait sur la base de données *Web of Science* (WoS) de l'Institute for Scientific Information. Elle a couvert des actes de conférence et des articles soumis à des comités de lecture s'inscrivant dans de nombreuses disciplines. Au départ, nous avons procédé à une recherche à partir de la requête suivante : (« scientific funding » OR « scientific » OR « research grants » OR « research funding ») AND (« collaborat* » OR « alloc* » OR « trend* ») en nous limitant aux sources publiées entre 2015 et 2020. Nous avons ensuite utilisé un logiciel bibliographique libre (VOSviewer) pour analyser les résultats obtenus et ajusté les termes de la requête de manière itérative afin de peaufiner ces résultats[1]. Après un filtrage supplémentaire visant à éliminer les références inutiles, nous avons recueilli à terme 95 articles sur les organismes et les pratiques de financement de la recherche, les retombées et l'évaluation de la recherche, les tendances historiques du financement, la collaboration en recherche, la productivité scientifique et d'autres sujets se rapportant au mandat du comité d'experts. Nous avons ensuite ajouté des références supplémentaires proposées par les membres du comité, à la lumière de leur expertise et de leurs propres activités professionnelles, ainsi que par le personnel du CAC. Nous avons aussi eu grandement recours à la littérature grise sous la forme de rapports et de documents gouvernementaux, de plans stratégiques, d'analyses de l'environnement réalisées par des organismes de financement de la recherche d'autres pays ainsi qu'à des évaluations de l'état des connaissances réalisées par des organismes à but non lucratif.

1 Les termes suivants ont été exclus dans la requête : « health research » OR « disease » OR « care » OR « cancer » OR « global health » OR « medicine » OR « humanities » OR « social science » OR « biomedical research » OR « biodiversity » OR « serum » OR « efficacy » OR « safety » OR « diagnostic ».

Entrevues et discussions avec des experts

Pour compléter les données probantes publiées et mieux comprendre les pratiques de financement dans différents pays, le comité d'experts a également organisé une série de discussions en compagnie d'autres spécialistes. Au cours d'une réunion tenue en juillet 2020, huit personnes ont pris part à ces discussions. Les participants ont acquis une grande expérience dans différents pays et régions, dont l'Allemagne, le Brésil, le Canada, la France, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et Singapour[2]. Les spécialistes invités avaient été choisis en raison de leur connaissance et de leur expérience générale des systèmes de financement de la recherche. Le comité d'experts leur a demandé de formuler des commentaires sur les pratiques d'intérêt (par exemple le soutien aux chercheurs en début de carrière ou aux chercheurs autochtones).

1.3 Portée de l'évaluation

Les premières discussions avec le CRSNG ont permis de préciser la portée de l'évaluation et les objectifs à atteindre, à savoir i) donner un aperçu de la façon dont les organismes de financement partout dans le monde appuient la recherche en SNG et ii) déterminer les leçons que le Canada peut tirer de l'expérience de ces organismes. Le comité d'experts s'est principalement intéressé à la sphère internationale. Le présent rapport porte en grande partie sur les pratiques de financement employées dans d'autres pays, mais il prend également en compte des exemples et l'expérience au niveau du Canada. L'évaluation met l'accent, d'une part, sur les pratiques de financement se rapportant principalement à l'octroi de fonds par voie de concours sous la forme de subventions plutôt que sur le financement institutionnel ou global (section 2.2) et, d'autre part, sur le financement de la recherche extra-muros (externe) plutôt que sur le financement de la recherche réalisée dans les installations et les laboratoires gouvernementaux. Cette évaluation ne porte pas sur le CRSNG, ses programmes de financement ou le caractère adéquat du financement de la recherche au Canada. Elle ne vise pas non plus à remplacer une consultation plus vaste au sein du milieu de la recherche au Canada. Comme il est d'usage au CAC, le présent rapport ne renferme pas de recommandations stratégiques directes à l'intention du CRSNG. Il s'agit plutôt d'une synthèse de l'état actuel des connaissances établie à la lumière des points de vue et de l'expertise des membres du comité d'experts.

Le mandat du comité d'experts met l'accent sur les pratiques de financement de la recherche en SNG dans les disciplines relevant de la compétence du CRSNG. Ces disciplines comprennent la recherche fondamentale et appliquée en sciences de la vie, en sciences physiques, en mathématiques et en informatique ainsi qu'en

2 On trouvera la liste des participants à la page xii.

génie. Toutefois, nombre des pratiques et des défis associés au financement de la recherche sont également communs à d'autres disciplines, notamment la médecine clinique et les sciences sociales. C'est pourquoi le comité d'experts a pris en compte des pratiques adoptées dans toutes les disciplines (par des organismes de financement y apportant un soutien), lorsqu'il les jugeait pertinentes pour éclairer les pratiques de financement en SNG. On trouvera aussi dans le présent rapport des exemples se rapportant à des initiatives et à des organismes subventionnaires de domaines autres que les SNG. D'après le comité d'experts, la volonté de s'inspirer de l'expérience d'organismes de financement qui exercent leurs activités dans d'autres domaines est utile pour comprendre la façon de soutenir efficacement la recherche multidisciplinaire et interdisciplinaire. En examinant des exemples, le comité d'experts s'est cependant attaché à en tirer des leçons qui s'appliquent aux organismes subventionnaires en SNG.

La portée de cette étude comportait de nombreuses facettes, car la plupart des organismes de financement, dont le CRSNG, poursuivent plusieurs objectifs, par exemple soutenir l'éducation et la formation des chercheurs, stimuler de nouvelles découvertes scientifiques et encourager la collaboration avec l'industrie et d'autres partenaires. Le CRSNG a manifesté un intérêt particulier pour les pratiques destinées à promouvoir l'équité, la diversité et l'inclusion (EDI) au sein du milieu de la recherche ainsi que pour la recherche et les chercheurs autochtones. Le comité d'experts s'est donc penché sur les pratiques axées sur un large éventail d'objectifs.

Cependant, le comité a délibérément limité l'examen des pratiques de financement à l'appui des doctorants. En effet, il s'est plutôt penché sur les pratiques qui soutiennent les chercheurs en début de carrière (CDC), y compris un examen du rôle que peuvent jouer les bourses à l'appui de ces chercheurs. Une exploration détaillée des défis entourant la formation en recherche aux cycles supérieurs et du rôle des organismes de financement de la recherche lorsqu'il s'agit de relever ces défis justifie une étude distincte. Pour consulter un examen plus détaillé des enjeux et des défis entourant la formation en recherche des titulaires de doctorat et leur transition vers le marché du travail, nous invitons les lecteurs à consulter un autre rapport publié récemment par le CAC (CAC, 2021) ou des études comparables menées dans d'autres pays (Tilghman *et al.*, 2012; Auriol *et al.*, 2013; Boman, 2017).

Qu'est-ce qu'une pratique « efficace »?

Pour les besoins de l'évaluation, le comité d'experts considère comme *efficaces* les pratiques qui (d'après les évaluations officielles des programmes et les études examinées par les pairs) ont manifestement atteint un ou plusieurs objectifs établis. Les données probantes accessibles ne corroborent pas toujours un jugement définitif à cet égard. Les pratiques *prometteuses* sont celles qui, selon

le comité, répondaient à un ou plusieurs objectifs établis, mais dont le succès a été montré dans une mesure limitée jusqu'alors; nombre de pratiques de ce type sont associées à des programmes en cours. En revanche, les pratiques *problématiques* sont celles qui se sont *révélées* inefficaces pour atteindre les objectifs établis ou, encore, qui ont entraîné des conséquences inattendues ou contre-productives.

Les pratiques *exemplaires*, à savoir celles qui sont hors de tout doute supérieures à d'autres pratiques visant des objectifs identiques ou comparables, sont presque totalement absentes de l'évaluation. Le nombre limité de données probantes sur l'efficacité à long terme, le manque d'uniformité entre des programmes comparables et l'absence d'analyses contrefactuelles entravent la comparaison et le classement systématiques des pratiques de financement de la recherche. Par conséquent, les données probantes sont très rarement suffisantes pour justifier qu'une approche de financement actuelle soit considérée comme une pratique « exemplaire » de manière générale. Les différences contextuelles d'un pays à l'autre ajoutent à cette complexité, car le succès obtenu grâce à une pratique dans un endroit donné ne se reproduira pas forcément si l'on adopte la même pratique ailleurs. En l'absence de données plus concluantes, le comité d'experts a examiné un éventail d'approches et de pratiques de financement parallèlement à des exemples concrets pour mettre en lumière les possibilités – et les pièges – de certaines approches.

1.4 Structure du rapport

Les chapitres 2 à 5 portent principalement sur la sphère internationale, conformément au mandat du comité d'experts. Dans le chapitre 2, nous examinons les changements observés dans le contexte de la recherche pour les organismes de financement de la recherche en SNG et les répercussions de ces changements pour les organismes subventionnaires qui remplissent un nouveau rôle et poursuivent de nouveaux objectifs. Dans les chapitres 3, 4 et 5, nous examinons l'état des connaissances concernant les pratiques de financement de la recherche orientées vers différents objectifs, notamment le soutien aux chercheurs tout au long de leur carrière; l'amélioration de l'EDI; le soutien de la recherche multidisciplinaire, interdisciplinaire et transdisciplinaire; de la recherche à haut risque; ainsi que le renforcement de l'efficience et des retombées du financement.

Dans le chapitre 6, nous explorons le paysage du financement de de la recherche en SNG au Canada ainsi que la façon dont les pratiques qui se sont avérées efficaces ailleurs pourraient s'appliquer dans le contexte canadien. Enfin, le chapitre 7 clôt le rapport en résumant des principales constatations faites par le comité d'experts dans le cadre de son mandat.

2

Nouveau contexte du financement de la recherche

Constatations du chapitre

- Les investissements gouvernementaux dans la R-D stables ou en baisse dans de nombreux pays de l'OCDE, combinés à l'augmentation du nombre de chercheurs, ont accentué la pression exercée sur les candidats et fait baisser le taux de réussite au sein de bon nombre d'organismes publics de financement de la recherche. On observe donc un accroissement des préoccupations concernant l'hyperconcurrence.
- Une prolifération des modèles de financement de la recherche hybrides remet en question la distinction traditionnelle entre le financement *attribué par voie de concours* et le financement *institutionnel*. Ainsi, les gouvernements ont davantage de choix alors qu'ils adaptent leurs instruments de financement à des objectifs spécifiques.
- Les organismes subventionnaires jouent un rôle de plus en plus actif en tant qu'arbitres des normes et des pratiques scientifiques dans des domaines comme l'évaluation de la recherche, la science ouverte et le libre accès, l'équité et la diversité, l'éthique en recherche ainsi que la participation et l'éducation du public en science.
- Tout en augmentant la rapidité et l'ampleur de la collaboration dans de nombreux domaines, la pandémie a exacerbé les iniquités préexistantes et suscité des préoccupations concernant l'érosion de mécanismes de contrôle traditionnels de la qualité et de la rigueur de la recherche.

Au moment de la création du CRSNG en 1978, la plupart des gens voyaient les téléphones cellulaires et les ordinateurs personnels comme de nouveaux objets de curiosité. D'autres organismes subventionnaires, comme la National Science Foundation (NSF) aux États-Unis, avaient été créés plus tôt par suite des succès de la recherche dans le domaine de la défense après la Seconde Guerre mondiale. Ces organismes font face à un paysage très différent de celui qui existait au moment de leur création : ils sont passés de périodes initiales de croissance rapide à un rythme plus stable. Les percées scientifiques et les nouvelles technologies ont également catalysé de nouvelles méthodes de travail, de communication et de collaboration. En outre, les chercheurs et les organismes subventionnaires ont fréquemment dû s'adapter aux développements sociaux, économiques et géopolitiques. La crise financière mondiale ayant débuté en 2008 a durement touché le milieu de la recherche dans bien des pays. Elle a mis à rude épreuve les organismes subventionnaires, qui devaient composer avec les

dépenses de relance et, par la suite, les appels à l'austérité. Plus récemment, la pandémie mondiale de COVID-19 a donné lieu à une vaste mobilisation des ressources scientifiques, transformant ainsi en cours de route nombre de pratiques et de normes en matière de recherche scientifique. Dans le présent chapitre, nous examinons le contexte dans lequel les organismes de financement de la recherche en SNG exercent leurs activités, entre autres l'évolution de ce contexte et la façon dont le rôle de ces organismes se transforme par ricochet.

2.1 Nouveau paysage mondial pour la science

La recherche devient plus multipolaire et axée sur la collaboration, tandis que l'on observe une augmentation des investissements dans la R-D à l'échelle mondiale, principalement en raison des dépenses dans les entreprises, ainsi qu'en Asie du Sud-Est.

Les organismes subventionnaires, comme le CRSNG, ne représentent qu'une des sources des investissements dans la recherche en SNG. Les dépenses mondiales au titre de la R-D ont augmenté de 6 à 7 % depuis 2000, pour se chiffrer à 2,1 mille milliards de dollars US en 2017 (NSB, 2020b). Cette croissance peut être attribuée à deux sources principales. Premièrement, dans les économies les plus riches, les entreprises ont augmenté leurs dépenses de R-D. Ainsi, dans les pays membres de l'OCDE, le secteur des entreprises a généré plus de 70 % de la croissance des dépenses de R-D entre 2000 et 2017 (OCDE, 2020b). Par ailleurs, les entreprises réalisent maintenant la majeure partie des activités de R-D (de 70 à 80 %) dans bien des pays, notamment en Chine, en Corée du Sud, aux États-Unis et au Japon (NSB, 2020a)[3]. Deuxièmement, la montée en flèche des investissements dans la R-D en Asie continue de transformer le domaine de la recherche à l'échelle mondiale. La part de la R-D mondiale effectuée par les pays de l'Asie de l'Est et du Sud-Est est passée de 25 % en 2000 à 42 % en 2017. Les dépenses de la Chine en R-D ont affiché une croissance particulièrement rapide et soutenue, au rythme moyen de 17 % par an pendant cette période (NSB, 2020b).

Ces tendances et d'autres tendances connexes transforment actuellement le paysage scientifique mondial. Les entreprises augmentent leurs investissements dans la R-D. Toutefois, leur volonté d'appuyer la recherche fondamentale semble avoir diminué, car elles priorisent la recherche appliquée présentant une viabilité commerciale manifeste (Larivière *et al.*, 2018). Les pays qui participent à la production de recherche sont maintenant plus nombreux et diversifiés. Ainsi, la Chine et d'autres économies émergentes revêtent une importance croissante dans le domaine. Entre 2000 et 2018, la part mondiale des articles publiés dans les domaines de sciences et de génie consacrés à la Chine est passée de 5 à 21 %

3 Le Canada fait exception à cette tendance de façon appréciable (section 6.2).

(NSB, 2019) et ce pays dépasse depuis longtemps les États-Unis pour le nombre de diplômes de doctorat décernés en SNG (NSB, 2020a). Comme en fait état un rapport publié en 2014, « [l]e paysage de la recherche à l'échelle mondiale au cours de la dernière décennie est devenu tellement dynamique que l'on parle de mouvements tectoniques » [traduction libre] (Thomson Reuters, 2014). Alors que les parts du financement de la recherche et de l'activité scientifique diminuaient en Amérique du Nord, en Europe et au Japon, le paysage de la recherche est devenu proportionnellement plus multipolaire (Commission européenne, 2012b).

Parallèlement, la science devient plus axée sur la collaboration internationale. Quatorze pour cent des articles en sciences et en génie publiés en 2000 mettaient à contribution des auteurs issus d'au moins deux pays. En 2018, cette proportion atteignait 23 % (NSB, 2020a). D'ailleurs, le taux de collaboration internationale dans de nombreux pays est beaucoup plus élevé. L'Allemagne, l'Australie, le Canada, l'Espagne, la France et le Royaume-Uni présentent tous un taux de collaboration internationale supérieur à 50 %. Même aux États-Unis, où la collaboration est moindre en raison du très vaste bassin domestique de chercheurs (CAC, 2018), le taux de collaboration internationale a pratiquement doublé entre 2000 et 2018, passant de 19 à 39 % (NSB, 2020a). L'ampleur de la recherche collaborative (notamment en sciences de la santé et en sciences sociales) est également en hausse (Adams, 2012). Depuis 1950, la taille médiane des équipes de rédaction de publications scientifiques est passée de moins de deux à plus de cinq membres (Fortunato *et al.*, 2018). Ces collaborations prennent diverses formes : réseaux entre pairs réunissant des chercheurs individuels, partenariats entre établissements et ententes multinationales (Commission européenne, 2021b). En raison de l'augmentation du nombre et de l'importance de ces collaborations, les organismes subventionnaires doivent redoubler d'efforts afin de permettre aux chercheurs de collaborer avec des pairs dans d'autres pays.

La science évolue sous l'effet d'autres tendances technologiques et sociales. Les chercheurs profitent des nouvelles technologies numériques, tandis que les organismes subventionnaires répondent aux priorités sociales plus vastes.

Les avancées dans les technologies de l'informatique et des communications modifient également le déroulement des activités scientifiques ainsi que les moyens pris par les organismes de financement pour les appuyer. Grâce aux technologies numériques, il est de plus en plus facile de partager les données et la recherche sur de grandes distances, ce qui rend possibles de nouvelles collaborations (OCDE, 2018b). La combinaison de vastes techniques de collecte de données et de sélection basées sur des algorithmes pourrait jouer un rôle dans l'automatisation d'aspects de l'octroi du financement (Ioannidis, 2011; Ebadi et

Schiffauerova, 2016). Par ailleurs, l'intérêt renouvelé à l'égard de certaines technologies, en particulier l'intelligence artificielle et ses applications, a suscité d'importantes questions au sujet de leurs répercussions éthiques et sociales. Par suite du renforcement de la capacité de calcul, combiné à des percées dans l'apprentissage machine et dans d'autres domaines, de nombreux domaines de recherche requièrent davantage de données, ce qui explique en partie la nécessité d'adopter des protocoles clairs pour le partage et la protection de ces données. Les demandes de « données ouvertes » ont coïncidé avec le soutien du mouvement croissant pour la « science ouverte », ce qui incite de nombreux organismes subventionnaires à explorer des moyens d'améliorer l'accès aux résultats de la recherche (Lyon, 2016; Pasquetto *et al.*, 2016).

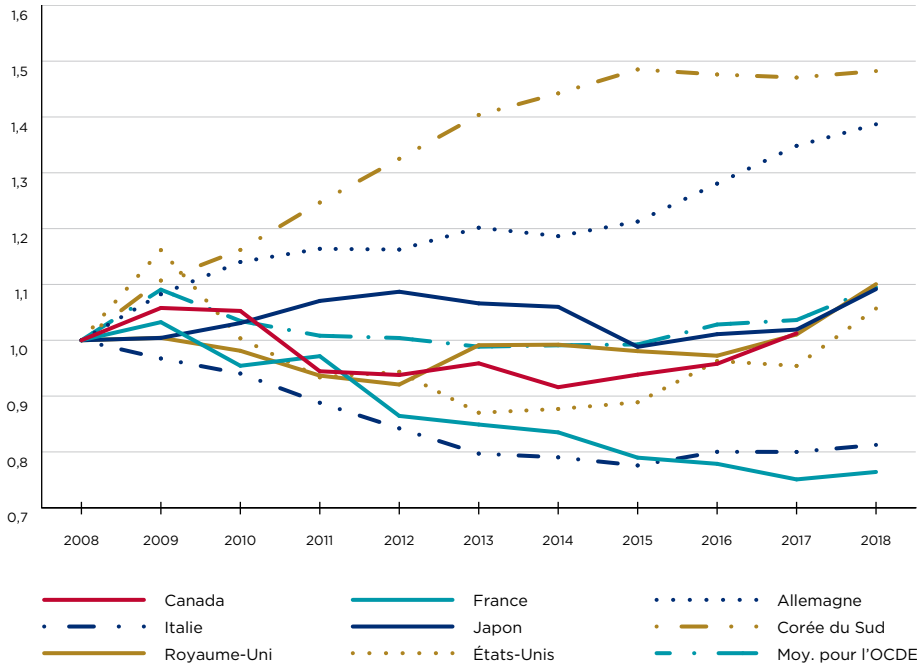
En outre, l'évolution de la conjoncture économique, environnementale et sociale a façonné les priorités des organismes subventionnaires. Le changement climatique est une question dominante à l'échelle nationale et internationale, ce qui fait ressortir le besoin continu de recherche propre à aider les décideurs appelés à prendre des mesures pour atténuer les émissions de gaz à effet de serre et s'adapter à l'évolution du climat. Les tendances démographiques influent également sur les priorités en matière de politiques et de recherche en raison des préoccupations suscitées par le vieillissement des populations et ses répercussions sur la productivité, les systèmes de soins de santé et la capacité financière (ONU, 2020). Certains pays ont également fait des investissements dans la recherche en vertu d'initiatives de financement ciblées axées sur de « Grands Défis » (Varmus *et al.*, 2003; Omenn, 2006; Hicks, 2016) ou « d'initiatives axées sur l'excellence en recherche » (OCDE, 2014). Ces initiatives, qui reposent souvent sur un concept multidisciplinaire ou interdisciplinaire (Maxwell et Benneworth, 2018), visent à établir de nouveaux partenariats entre des chercheurs en sciences humaines et naturelles, des ingénieurs, les décideurs et la société civile.

Les dépenses gouvernementales en R-D sont stables ou en baisse dans de nombreux pays de l'OCDE depuis la crise financière de 2008, ce qui contribue à la concurrence accrue pour le financement.

Bon nombre de pays – en particulier la Chine – et d'entreprises ont augmenté leurs dépenses de R-D au cours de la dernière décennie, mais les investissements gouvernementaux à ce titre dans de nombreux pays de l'OCDE sont restés stables ou ont diminué. Par suite de la crise financière mondiale de 2007 et 2008, de nombreux gouvernements ont augmenté leur budget alloué à la recherche et

à l'innovation dans le cadre d'un plan de relance national (OCDE, 2018a; Rehm, 2018). Ces augmentations, souvent temporaires, ont toutefois ralenti ou été suivies d'une baisse au cours des années qui ont suivi. Dans bien des cas, la reprise économique n'a pas été accompagnée d'une augmentation correspondante des dépenses publiques au titre de la recherche, ce qui a entraîné une diminution des dépenses de recherche dans les établissements d'enseignement supérieur et les établissements de recherche publics des pays de l'OCDE (OCDE, 2018a) (figure 2.1). Plus d'une décennie plus tard, les investissements gouvernementaux dans la R-D sont demeurés comparables ou inférieurs aux niveaux de 2009 dans de nombreux pays. Au Canada, jusqu'après 2017, les crédits budgétaires fédéraux alloués à la R-D sont demeurés inférieurs au sommet atteint en 2009. Certains pays, comme la France et l'Italie, ont connu des reculs importants qu'ils n'ont toujours pas compensés. L'Allemagne et la Corée du Sud font partie des rares exceptions à cette tendance, car ces pays ont affiché une croissance relativement stable au cours de la dernière décennie.

Les investissements publics stables ou en baisse dans la R-D ont accentué le stress auquel font face les organismes publics de financement de la recherche, d'autant plus que la diminution des investissements gouvernementaux s'accompagnait d'une augmentation continue du nombre de chercheurs. L'essor des systèmes d'enseignement supérieur partout dans le monde au 20e siècle s'est traduit par une augmentation du nombre d'inscriptions et du niveau de scolarité (Schofer et Meyer, 2005). La croissance dans ce domaine ralentit dans certains pays, mais la tendance à la hausse se maintient de façon générale. Dans l'ensemble de l'OCDE, la proportion de jeunes (de 25 à 34 ans) titulaires d'un diplôme collégial ou universitaire est passée de 36 % en 2009 à 45 % en 2019 (OCDE, 2020f). Or, le nombre de professeurs dans les établissements postsecondaires n'a pas toujours suivi le rythme de l'augmentation du nombre d'inscriptions. Au Canada, le nombre de professeurs qui occupent un poste menant à la permanence est à peu près stable depuis 2009. Pour répondre à la demande d'enseignants, de nombreux établissements ont créé des postes centrés sur l'enseignement comportant des responsabilités réduites en matière de recherche (Sanders, 2011; StatCan, 2019a). Dans certains pays de l'Union européenne, la réduction de personnel oblige certains professeurs à assumer une charge d'enseignement supplémentaire au détriment de la recherche (Eurydice Report, 2017). Cela dit, le nombre de chercheurs dans les pays de l'OCDE continue d'augmenter : il s'est accru de près de 20 % entre 2009 et 2017 (année la plus récente pour laquelle il existe des données (OCDE 2020b).



Source de données : OCDE (2020b)

Figure 2.1 Crédits budgétaires publics alloués à la R-D dans les pays de l'OCDE et certains autres pays par rapport aux niveaux de 2008

Les niveaux de financement enregistrés entre 2008 et 2018 sont exprimés en pourcentage des crédits alloués en 2008 calculés en dollars constants en parité de pouvoir d'achat (PPA). Les données se rapportent aux investissements en R-D dans toutes les disciplines, y compris les sciences de la santé et les sciences sociales. L'OCDE ne déclare pas les données sur cette série pour la Chine, mais les dépenses totales du gouvernement chinois en R-D ont plus que doublé au cours de cette période de 10 ans.

La stagnation des niveaux de financement et l'augmentation du nombre de chercheurs a intensifié la concurrence pour les subventions de recherche dans bien des pays, ce qui a réduit le taux de réussite des candidats et accru les préoccupations concernant les effets négatifs de l'hyperconcurrence (Alberts *et al.*, 2014; Baum *et al.*, 2017; OCDE, 2018d). Au Canada, par exemple, selon Baum *et al.* (2017), la valeur moyenne des subventions accordées par le CRSNG dans le cadre du Programme de subventions à la découverte a diminué de 15 % entre 2005 et 2015 et le taux de réussite a chuté de 75 à 65 % du fait que le nombre total de subventions accordées a peu changé.

Les chercheurs s'adaptent aux sources de soutien plus variées, notamment les fondations et les entreprises, alors que les gouvernements réexaminent les modèles de financement traditionnels.

La contraction de l'environnement de financement incite de nombreux chercheurs à tenter de trouver d'autres sources de soutien. Le financement accordé par les fondations joue un rôle important dans certains domaines scientifiques, notamment la recherche biomédicale (Murray, 2013; Michelson, 2020). Les fondations versent plus de 4 milliards de dollars US par an pour le fonctionnement, les fonds de dotation et les infrastructures (p. ex. bâtiments et laboratoires) consacrés à la recherche dans les universités américaines. Ce montant représente globalement près de 30 % du montant annuel des fonds de recherche dans les plus grandes universités (Murray, 2013)[4]. Ainsi, les fondations de grande envergure peuvent représenter une source essentielle de soutien externe reflétant des préférences, des stratégies et des intérêts variés de la part des donateurs. Des entreprises accordent aussi du financement dans de nombreux domaines de la R-D. En pareil cas, les chercheurs et les établissements doivent souvent surmonter une série d'obstacles à la collaboration intersectorielle, notamment les négociations portant sur la propriété intellectuelle, les différents incitatifs à la publication et à la transparence des données ainsi que les obstacles à l'accès aux installations et à l'équipement. Devant cette diversification du paysage du financement, les gouvernements et les organismes subventionnaires réexaminent de plus en plus les modèles de financement traditionnels par voie de concours, alors qu'ils s'efforcent d'améliorer leur efficacité, tout en continuant de mettre l'accent sur l'excellence en recherche (OCDE, 2018d).

2.2 Rôle des organismes publics de financement de la recherche

Le gouvernement a toujours misé sur deux principaux types de financement de la recherche : le financement par voie de concours prenant la forme de subventions appuyant des projets et le financement institutionnel global.

Les organismes publics de financement de la recherche évoluent dans un paysage institutionnel complexe, car ils font partie des nombreuses organisations qui soutiennent la recherche. Le partage des responsabilités entre le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux et territoriaux complexifie le système canadien (chapitre 6), mais les gouvernements ont toujours misé sur deux principaux types de financement pour la recherche.

4 Le financement accordé par les fondations est moins important au Canada (section 6.1), mais des chercheurs travaillant ici bénéficient du soutien offert par des organisations de ce type établies dans d'autres pays.

- Les programmes de *financement de la recherche par voie de concours* appuient des activités de recherche à l'issue de concours. Un concours comprend habituellement un appel de propositions, l'évaluation des demandes par un comité, un évaluation par les pairs, la notation, l'octroi d'un financement ayant une période de validité limitée et un suivi (OCDE, 2018a). Le financement, dont la valeur et la durée peuvent varier, est versé à des personnes ou à des organisations ou, encore, pour des projets en particulier. Ce type de financement est souvent attribué par l'entremise d'organismes ou de conseils voués au financement de la recherche, comme le CRSNG.
- Le *financement institutionnel* ou *global* vise à apporter un soutien à long terme d'ordre général aux établissements qui font de la recherche (OCDE, 2018a). Il est le plus souvent versé chaque année sous la forme de transferts gouvernementaux (généralement en vertu d'une formule prenant en compte des caractéristiques quantitatives, comme le nombre de chercheurs ou le niveau de financement historique). Il appuie le fonctionnement au quotidien, comme les salaires des employés, les infrastructures ainsi que l'entretien des installations de recherche et des établissements d'enseignement.

L'équilibre entre le financement attribué par voie de concours et le financement institutionnel varie grandement. La distinction entre les deux s'estompe actuellement, car on observe une augmentation des éléments concurrentiels dans les deux types de financement.

La dépendance à l'égard de ces deux types de financement varie grandement d'un pays à l'autre (van Steen, 2012; OCDE, 2018d). D'après certaines données probantes, la part du financement de la recherche attribué par l'entremise de mécanismes concurrentiels augmente graduellement dans le monde (OCDE, 2018d)[5]. Cependant, les distinctions entre le financement attribué par voie de concours et le financement institutionnel sont moins nettes depuis l'adoption d'approches qui combinent des éléments des deux types de financement. Les ententes de financement institutionnel commencent à comporter des éléments concurrentiels. Une partie de ce financement peut être « fondée sur le rendement » et attribuée en fonction d'indicateurs quantitatifs, parfois combinés à une évaluation par les pairs et souvent basés sur des extrants évalués par les pairs (p. ex. publications ou subventions antérieures). Dans des pays comme la Norvège et la Suède, on adapte de plus en plus le financement institutionnel aux priorités nationales. Ainsi, ce financement devient plus ciblé avec le temps, mais on tente encore de maintenir dans une certaine mesure l'autonomie des établissements (OCDE, 2018a). En outre,

5 Ces types de comparaisons et de tendances devraient être interprétées avec prudence. Les comparaisons entre les pays peuvent être trompeuses en cas de manque d'uniformité et de normalisation au chapitre des données. De nombreux pays ne recueillent ou ne déclarent pas officiellement de statistiques fondées sur ces distinctions (OCDE, 2018d).

les gouvernements adoptent progressivement des « initiatives axées sur l'excellence en recherche », qui font appel à des concours pour accorder un financement pluriannuel aux établissements de recherche en fonction des priorités ou des buts nationaux en matière de recherche[6]. Près des deux tiers des pays de l'OCDE ont mis en place ces types d'initiatives (OCDE, 2014, 2018a).

Ces tendances témoignent du besoin d'un système de classification plus nuancé prenant en compte l'éventail complet des ententes institutionnelles. L'OCDE (2018a) propose un nouveau cadre pour catégoriser les programmes de financement, à savoir un cadre qui tient compte de l'ampleur de la concurrence (ou de l'intensité concurrentielle), de la granularité (c.-à-d. l'unité qui obtient le financement), du niveau de financement (c.-à-d. au sein de l'organisation recevant les fonds), du type d'évaluation et des critères de sélection ainsi que de la mesure dans laquelle le financement cible des domaines ou des enjeux prioritaires. La figure 2.2 illustre ce spectre en mettant l'accent sur trois dimensions : l'intensité concurrentielle, la granularité du financement et le type d'évaluation (*ex post* ou *ex ante*)[7]. Auparavant, les modèles hybrides – financement global fondé sur le rendement, mécanismes de financement institutionnel par voie de concours, comme les initiatives axées sur l'excellence en recherche, et subventions de grande valeur orientées vers un enjeu – étaient confinés à la périphérie de ce spectre. Or, les gouvernements les ajoutent maintenant de plus en plus aux modèles traditionnels de financement.

L'accès à un plus large éventail d'options de financement soulève des questions au sujet des points forts et des points faibles comparatifs des différentes approches. On considère généralement que le financement attribué par voie de concours qui appuie des projets convient mieux pour orienter la recherche sur les domaines prioritaires en établissant la portée des appels de propositions, d'autant plus qu'il permet habituellement de produire une recherche de qualité (OCDE, 2018a). En raison de sa durée limitée et du conservatisme des processus d'évaluation par les pairs, ce type de financement convient peut-être moins pour soutenir la recherche à long terme et à haut risque (section 4.2). L'absence de certitude concernant le financement à long terme peut également nuire à la planification dans un horizon lointain, en particulier lorsque le taux de réussite est faible (OCDE, 2018a). Le financement institutionnel peut donner un degré de certitude plus élevé sur une longue période et offrir aux chercheurs une flexibilité accrue pour élaborer leur programme de recherche. Dans les faits, les chercheurs et les établissements de

6 Il est difficile de définir avec précision ces initiatives, qui se présentent sous de nombreuses formes. Dans le contexte canadien, on pourrait citer comme exemple d'une initiative axée sur l'excellence en recherche le financement offert par voie de concours par l'entremise de Génome Canada et de ses partenaires régionaux.

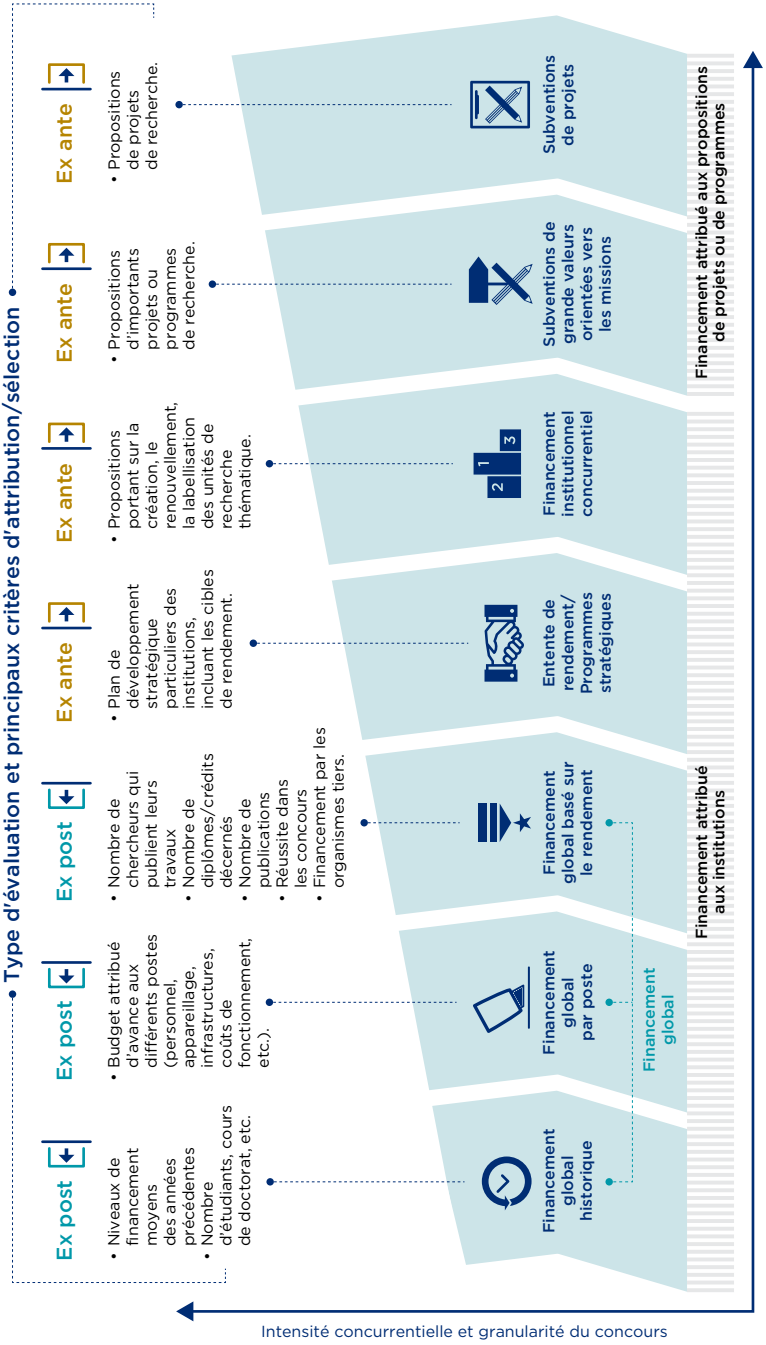
7 L'évaluation *ex ante* consiste à évaluer les propositions de recherche avant l'octroi du financement. L'évaluation *ex post* consiste à évaluer après coup les retombées de la recherche financée.

recherche bénéficient souvent d'une combinaison des types de financement (ou de modèles intermédiaires) qui regroupent les caractéristiques et les avantages de chaque côté du spectre.

Les organismes de financement poursuivent plusieurs objectifs, mais leur but premier consiste à soutenir l'excellence en recherche.

En appuyant des projets ou des chercheurs, le but premier des organismes subventionnaires consiste souvent à favoriser l'excellence en recherche (OCDE, 2018d). Parmi les autres buts fréquemment évoqués, mentionnons la « promotion des connaissances de pointe », « le soutien à la recherche purement scientifique et à la recherche menée à l'initiative des chercheurs » ainsi que le « soutien à la recherche interdisciplinaire » [traductions libres] (OCDE, 2018d). Cependant, il arrive souvent que les organismes de financement poursuivent également d'autres buts, soit en structurant leurs programmes (les critères d'évaluation et d'admissibilité, par exemple) ou en offrant des programmes spécialisés supplémentaires. Parmi les autres buts cités couramment, mentionnons la « promotion de la collaboration internationale, la réponse à des défis sociétaux; [l'amélioration] de la compétitivité économique ainsi que le renforcement des capacités (infrastructures et ressources humaines) » (OCDE, 2018d). En plus de leurs principaux programmes de financement, les organismes offrent souvent des programmes de bourses axés avant tout sur la formation et l'éducation des chercheurs.

Les organismes de financement de la recherche ont également recours aux programmes pour encourager la collaboration en exigeant des équipes plus nombreuses, la participation de plusieurs établissements (ou de plusieurs disciplines) ou un cofinancement conjoint. Près des deux tiers des initiatives de financement de la recherche dans les pays de l'OCDE exigent une forme quelconque de collaboration. Selon un sondage récent portant sur les programmes de financement par voie de concours, près de la moitié des organismes subventionnaires exigent explicitement un cofinancement (OCDE, 2018d). En pareil cas, ils peuvent exiger une contribution en espèces ou en nature, mais excluent habituellement les frais généraux annulés ou non admissibles ou un autre type de cofinancement implicite. Dans le contexte canadien, les programmes exigeant un financement conjoint avec un partenaire industriel s'inscrivent dans une stratégie destinée à encourager une collaboration accrue entre les chercheurs, les établissements d'enseignement supérieur et l'industrie pour favoriser ainsi l'innovation au sein des entreprises, conformément au but établi à cet égard par le gouvernement fédéral (CRSNG, 2009).



Adapté avec la permission de l'OCDE (2018a)

Figure 2.2 Éventail des types de financement pour la recherche

La typologie traditionnelle du financement attribué par voie de concours à l'appui de projets et du financement institutionnel global devient moins exacte en raison d'un virage vers des modèles de financement qui combinent des éléments des deux types. Le graphique illustre différents types d'ententes de financement en fonction de trois dimensions : intensité concurrentielle, granularité du financement et type d'évaluation (*ex post* ou *ex ante*).

Les organismes nationaux de financement de la recherche jouent un rôle de plus en plus actif dans l'élaboration des pratiques et des normes de recherche.

Au moment de prendre les décisions de financement, les organismes subventionnaires ont toujours été tenus de prendre en compte le déroulement de la recherche. Toutefois, avec le temps, ils ont commencé à participer davantage à des initiatives qui façonnent directement ou indirectement les pratiques et les normes de recherche, ce qui reflète leur rôle et leur capacité uniques en leur genre de susciter des changements systémiques. Certaines de ces initiatives visaient à atténuer des pratiques problématiques dans l'évaluation de la recherche ou la publication de ses résultats. Par exemple, comme en témoigne le Plan S (initiative menée par un consortium d'organismes de financement de la recherche qui oblige les bénéficiaires de subventions à publier les résultats de leurs travaux dans des revues ou des répertoires à libre accès), les organismes subventionnaires ont fait appel à leur capacité collective pour appuyer davantage les politiques de publication à libre accès et s'assurer que les résultats de la recherche financée par des fonds publics sont largement accessibles (Vermeir, 2020) (section 5.2). L'adhésion de plusieurs organismes de financement (notamment les organismes subventionnaires fédéraux canadiens) à la San Francisco Declaration on Research Assessment (DORA) constitue un autre exemple de participation active. La DORA oblige les organismes subventionnaires (ainsi que les universités et les autres organisations) à respecter un ensemble de principes directeurs sur les pratiques responsables en matière d'évaluation de la recherche. Ces initiatives peuvent avoir une grande incidence sur les pratiques des établissements et le comportement des chercheurs.

Certains organismes subventionnaires ont joué un rôle plus engagé en réaction à la prise de conscience et à l'analyse croissantes des enjeux juridiques, éthiques et sociaux entourant les avancées scientifiques et technologiques. Owen et Pansera (2019), par exemple, décrivent le développement et l'évolution du paradigme de l'innovation responsable et de celui de la recherche et de l'innovation responsables (RIR), le dernier étant issu de discussions menées au sein de la Commission européenne. La Déclaration de Rome, qui appelait les institutions européennes, les États membres de l'Union européenne et les organismes « à faire de la RIR un objectif central dans toutes les politiques et activités pertinentes », entre autres en définissant l'Espace européen de la recherche et l'Union de l'innovation, a fait progresser davantage ce programme en 2014 (Owen et Pansera, 2019). L'orientation de ces discussions était ambigüe au départ, mais la vision a fini par s'articuler autour de cinq « clés » se rapportant à la culture et aux pratiques scientifiques à l'intérieur desquelles les organismes subventionnaires sont de plus en plus actifs (tableau 2.1).

Tableau 2.1 « Clés » de la recherche et de l'innovation responsables de la Commission européenne

Clé	Description et buts
Mobilisation du public	Promouvoir une société ayant des connaissances de base en sciences et apte à soutenir i) les processus démocratiques, ii) le développement de la science et de la technologie et iii) les programmes d'action en matière de recherche et d'innovation, tout particulièrement ceux qui portent sur les défis sociétaux, et d'y participer. Cette clé repose principalement sur la cocréation, la compréhension mutuelle et les dialogues itératifs, inclusifs et participatifs qui regroupent plusieurs intervenants.
Libre accès ou science ouverte	Faire en sorte que les résultats de la recherche financée par l'État (p. ex. données et publications soumises à un comité de lecture) soient accessibles librement et gratuitement, afin d'améliorer la circulation des connaissances et l'innovation et de renforcer l'économie du savoir.
Sexe	Encourager les filles et les femmes à étudier en sciences et à faire carrière en recherche; favoriser un équilibre entre les genres au sein des équipes de recherche; éliminer les obstacles qui entraînent une discrimination à l'endroit des femmes dans les carrières scientifiques; assurer un équilibre entre les genres lors de la prise de décisions (p. ex. évaluation par les pairs et comités consultatifs); et prendre en compte la parité hommes-femmes dans le contenu de la recherche et de l'innovation.
Éducation scientifique	Rendre la science (notamment les études et les carrières dans ce domaine) plus attrayante pour les jeunes, ce qui renforcera l'intérêt de la société pour l'innovation et élargira l'accès à des activités sur le front de la recherche et de l'innovation. Cette clé est grandement axée sur la promotion de la science, de la littératie scientifique et des pédagogies innovatrices.
Éthique	Mettre en application les principes éthiques et les lois dans la recherche portant sur des enfants, des patients et des populations vulnérables; des cellules souches d'embryons humains; la vie privée et la protection des renseignements personnels; des animaux et des primates non humains. Cette clé repose sur les principes d'intégrité de la recherche (p. ex. fabrication de données, falsification, plagiat ou autres inconduites en matière de recherche).

Adapté de : Owen et Pansera (2019)

Les organismes subventionnaires ont réagi à ce programme de différentes façons (Owen et Pansera, 2019). Au Royaume-Uni, l'Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) a adopté un cadre sur l'innovation responsable, en vertu duquel l'organisme s'engage à prendre en compte ces considérations dans sa réflexion stratégique et ses plans de financement ainsi que dans l'évaluation des propositions. Ce cadre s'est révélé particulièrement percutant pour le programme de l'organisme portant sur la recherche en géoingénierie. Pour sa part, le Research

Council of Norway (RCN) a configuré le Centre for Digital Life Norway (spécialisé en biotechnologie) conformément aux principes d'innovation responsable. Le Dutch Research Council (NWO) a également créé un programme d'innovation responsable dans le but « de déterminer les aspects éthiques et sociétaux des innovations technologiques – produits et services – dès le début, afin de pouvoir les prendre en compte dans le processus de conception » [traduction libre] (Owen et Pansera, 2019). Le NWO a également pris des mesures afin de faire face à l'actuelle « crise de la réplication » en science au moyen d'un programme pilote appuyant la recherche destinée à vérifier la fiabilité des publications fréquemment citées dans la recherche en sciences sociales et celle consacrée à l'innovation en santé (NWO, 2017b). Les principes de la RIR n'ont pas été intégrés de manière officielle dans tous les pays, mais les organismes subventionnaires jouent de plus en plus le rôle d'arbitres des pratiques et des normes scientifiques, rôle qu'ils ne peuvent jouer en vase clos. En effet, une mobilisation et une consultation actives et soutenues du milieu scientifique s'imposent, ce qui nécessite souvent l'acquisition de nouvelles compétences et le développement de nouveaux outils.

Les programmes et les initiatives destinées à favoriser la participation du public en science représentent un autre aspect de ce changement. Il n'est pas toujours possible d'évaluer rapidement la pertinence de la recherche scientifique pour la société, car les retombées se font souvent sentir plusieurs années ou décennies après une découverte. Une participation accrue peut clarifier les choses pour les intervenants de l'extérieur du milieu de la recherche afin de mobiliser le savoir et d'éviter les malentendus. Au Canada, le renforcement de la « culture scientifique » représentait un élément important du plus récent plan stratégique du CRSNG (CRSNG, 2015b). Par ailleurs, le programme PromoScience de l'organisme a offre une aide financière à des scientifiques, à des enseignants et à des vulgarisateurs qui participent à l'effort de sensibilisation du public (CRSNG, 2020a). Aux États-Unis, l'utilisation d'un critère de Broader Impacts (ou de retombées plus larges) par la NSF témoigne de son intention d'appuyer la recherche qui peut « profiter à la société et contribuer à la réalisation des résultats sociétaux escomptés » [traduction libre]. Les candidats peuvent démontrer le potentiel à l'égard de ce critère en présentant dans leur proposition les retombées directes de la recherche en soi, des activités connexes, comme la contribution aux objectifs d'éducation et de formation des chercheurs, ou les efforts de sensibilisation et de mobilisation du public (NSF, 2020d).

2.3 Soutien de la recherche en période de pandémie

La COVID-19 a entraîné une prolifération de programmes de financement d'interventions rapides destinées à atténuer la pandémie, ce qui fait ressortir l'importance de la flexibilité de la part des organismes subventionnaires.

L'émergence de la COVID-19 et la pandémie mondiale qui a suivi ont transformé de manière soudaine et radicale le contexte de la recherche scientifique. De nombreux organismes s'étaient fixé comme priorité de simplement poursuivre leurs activités et de maintenir les programmes de financement prévus, tandis que la mobilité et les interactions en personne étaient limitées par les mesures de santé publique, comme la fermeture des frontières et le confinement. Ces contraintes ont eu des répercussions sur les employés des organismes, les obligeant souvent à travailler à distance. Elles ont aussi réduit la capacité des organismes subventionnaires à assumer des fonctions, comme l'évaluation des demandes de subventions, pour lesquelles ils doivent réunir des scientifiques issus de bon nombre d'établissements et de régions. La plupart des organismes ont pu maintenir pendant la pandémie les appels de propositions déjà lancés, mais certains ont dû annuler ou reporter des appels prévus pour 2020 (Stoye, 2020; Webster, 2020). D'autres ont offert une prolongation de courte durée de la période de validité des subventions en cours. Par ailleurs, des organismes ont reporté des initiatives de grande envergure en matière d'évaluation de recherche, par exemple le Research Excellence Framework (REF) du Royaume-Uni (Wilsdon, 2020).

De plus, les organismes subventionnaires s'efforcent de soutenir activement les efforts de recherche accélérés destinés à atténuer les dommages découlant de la pandémie. Les organismes de financement publics et les grandes fondations ont mis en place des mécanismes de financement rapide ou flexible pour répondre aux priorités de recherche liées à la pandémie (Wilsdon, 2020). Certains efforts étaient axés sur le développement de vaccins (p. ex. Gavi, Vaccine Alliance ou Project Warp Speed, aux États-Unis) ou de traitements curatifs (p. ex. accélérateur thérapeutique de la COVID-19, initiative appuyée, entre autres, par le Wellcome Trust et la Fondation Bill et Melinda Gates). D'autres programmes appuyaient une recherche portant sur les aspects socioéconomiques de la pandémie. En date du 24 juin 2020, l'OCDE avait recensé 174 programmes de financement distincts en

lien avec la COVID-19, menés dans plus de 38 pays ou régions par des organismes de financement publics, privés et à but non lucratif et totalisant plus de 7,7 milliards de dollars US (OCDE, 2020d)[8].

Le fonctionnement des programmes de financement d'interventions rapides exige un versement accéléré des fonds, ce qui peut nécessiter une rupture par rapport aux processus standard d'évaluation des demandes de subvention et d'évaluation par les pairs. Les organismes subventionnaires doivent atteindre un équilibre entre, d'une part, la flexibilité et l'urgence de la situation et, d'autre part, la nécessité de maintenir les exigences de la procédure garantes de l'intégrité scientifique. Les chercheurs doivent s'adapter pour répondre à la crise, tandis que les organismes subventionnaires sont préoccupés par une accentuation des changements opportunistes dans l'orientation de la recherche et par les répercussions que les appels de propositions de recherche liés à la crise auront sur les programmes en place. Des scientifiques ont dit craindre la « covidisation » de la recherche (c.-à-d. l'attribution d'une importance excessive à la recherche sur la COVID-19 au détriment d'autres domaines) (Pai, 2020a) et la façon dont cette situation pourrait mettre en péril des travaux essentiels destinés à s'attaquer à d'autres problèmes sociaux et environnementaux à long terme (Pai, 2020b; Yoder, 2020).

La COVID-19 accélère le changement dans l'ensemble du paysage de la recherche. Les scientifiques trouvent de nouvelles façons de collaborer, tandis que les chercheurs et revues scientifiques s'écartent des pratiques standards.

La pandémie a également catalysé la collaboration scientifique dans certains domaines à une ampleur et une vitesse qu'il aurait été difficile d'imaginer auparavant. Des chercheurs chinois et australiens ont publié la séquence du génome du SRAS-CoV-2 moins de deux mois après l'apparition du virus (Doudna, 2020). De nouvelles ressources à libre accès portant sur le génome du virus ont été élaborées en continu, soutenant et accélérant ainsi les efforts de développement de vaccins. La crise a également incité des chercheurs à adopter des stratégies et des outils nouveaux pour la collaboration en ligne, dont certains pourraient devenir permanents en raison de leurs avantages sur le plan du coût et de l'efficacité. D'après des chercheurs, la pandémie pourrait entraîner certains changements à long terme, comme la tenue systématique des conférences et

8 Les programmes canadiens de financement de la recherche sur la COVID-19 figurant sur cette liste comprennent les programmes de subventions du Conseil national de recherches du Canada; les subventions du secteur privé annoncées par Vale Canada et Roche Canada; ainsi que la possibilité de financement canadienne pour une intervention de recherche rapide contre la maladie à coronavirus 2019, qui bénéficie de l'appui conjoint des organismes subventionnaires fédéraux, du Centre de recherches pour le développement international et de Génome Canada. À la fin de juin 2020, ce programme avait reçu 227 demandes et investi 55,3 millions de dollars dans 100 projets de recherche (IRSC, 2020b).

des réunions en mode virtuel (ce qui présenterait des avantages au chapitre de l'environnement et pourrait assurer un accès plus équitable) (Viglione, 2020); une dépendance accrue à l'égard de « l'intelligence collective » afin de résoudre les problèmes (NESTA, 2020); l'externalisation ouverte (Callaghan, 2020); et une volonté accrue d'expérimenter de moyens novateurs d'attribuer le financement et d'évaluer la recherche (Grant, 2020).

L'application des normes scientifiques pour la publication et l'évaluation par les pairs sont également suspendues dans certains cas durant cette période afin d'accélérer la concrétisation des avantages sociétaux de la recherche. Les répertoires et les bases de données renfermant des documents qui se rapportent à la COVID-19 ont été créés pour permettre le suivi et l'analyse des efforts de recherche en plein essor[9]. Dans bien des cas, les éditeurs scientifiques et les plateformes ont aboli le péage de lecture numérique pour une période déterminée ou dans le cas de la recherche portant sur la COVID-19. Des revues ont également collaboré à ces efforts – certaines ont publié une déclaration conjointe au sujet des efforts déployés pour accélérer les processus de publication et d'examen par comité de lecture (OASPA, 2020). En outre, les résultats de la recherche font l'objet d'une promotion croissante sous la forme d'une préimpression avant l'examen complet par comité de lecture et la publication, parfois même en l'absence d'accès aux données justificatives. Plus de 100 nouveaux articles sur la COVID-19 sont affichés chaque jour sur des serveurs de préimpression, comme bioRxiv et medRxiv (Doudna, 2020). Le besoin de convertir rapidement les résultats de la recherche en thérapies et en politiques efficaces peut justifier cette tendance. Toutefois, ce type d'écart mène dans certains cas à des rétractations et à des revirements très médiatisés, qui risquent de miner la confiance du public à l'égard des établissements à vocation scientifique et des méthodes scientifiques[10]. Les mouvements antivaccins et le scepticisme à l'égard des messages et des interventions en santé publique soulignent davantage la question cruciale de la confiance de la population dans la science, ce qui entraîne de nouvelles recherches et réflexions sur la façon dont les spécialistes et les établissements à vocation scientifique comprennent leur rôle dans la mobilisation, la sensibilisation et l'éducation du public dans le domaine de la science (Agley, 2020; Kreps et Kriner, 2020; Eichengreen *et al.*, 2021).

9 Dès juin 2020, la COVID-19 avait donné lieu à plus de 42 700 articles scientifiques, à plus de 3 100 essais cliniques, à 420 ensembles de données et à 270 brevets (Hook et Simon, 2020). En novembre 2020, on comptait près de 75 000 publications scientifiques consacrées à la COVID-19 (OCDE, 2021b).

10 La rétractation d'un article influent portant sur les dangers associés au recours à l'hydroxychloroquine pour traiter la COVID-19 témoigne de ce type de risques (Mehra *et al.*, 2020). D'autres recherches largement médiatisées ont par la suite fait l'objet de critiques pour des motifs méthodologiques, par exemple la modélisation influente de l'Imperial College London (Ferguson *et al.*, 2020) et une étude sur la prévalence des anticorps dans le comté de Santa Clara en Californie (Bendavid *et al.*, 2020).

La pandémie et les interventions en santé publique connexes ont nui à de nombreux chercheurs en exacerbant les iniquités préexistantes dans le système de recherche.

Tout en accélérant les efforts de recherche dans certains domaines, la COVID-19 perturbe des projets et entraîne de vastes répercussions négatives sur la productivité des chercheurs. Les nouvelles contraintes en matière d'accès aux bâtiments et à l'équipement imposées par les exigences de confinement et de distanciation physique ont perturbé les activités de recherche dans nombre de laboratoires et d'installations. Les interdictions de voyager ont également nui au travail sur le terrain, causant ainsi des retards dans les projets (Yeager, 2020). La baisse de la productivité de la recherche attribuable à la pandémie accentue aussi les iniquités préexistantes dans les milieux scientifiques (Vincent-Lamarre *et al*., 2020). Les chercheurs qui doivent s'occuper de leurs enfants en bas âge ont été particulièrement touchés par la fermeture des écoles et des garderies. Ce fardeau accable de façon disproportionnée les chercheurs en début de carrière, en particulier les femmes, qui sont plus susceptibles d'avoir la responsabilité de prendre soin d'enfants (Myers *et al*., 2020). Selon des analyses non publiées des tendances observées sur les serveurs de prépublication bioRxiv et arXiv, la pandémie a touché de manière disproportionnée les chercheuses, comme en témoigne l'écart croissant entre la quantité de principaux auteurs masculins et féminins des manuscrits publiés sur ces serveurs (Frederickson, 2020; King et Frederickson, 2020).

En raison de l'incertitude entourant les répercussions à long terme de la COVID-19, les organismes de financement de la recherche doivent surveiller activement l'évolution de la pandémie et s'y adapter au fur et à mesure.

La pandémie pourrait redonner un nouveau souffle à la science à de nombreux égards, en accélérant une utilisation plus créative et efficace des outils déjà à la disposition des scientifiques, des gouvernements et des organismes de financement de la recherche. Certains chercheurs ont affirmé nourrir l'espoir que bon nombre des changements suscités par la crise soient bénéfiques et durables. Selon eux, « une nouvelle ère pour la science » voit le jour, car les scientifiques collaborent à une vitesse et à une ampleur sans précédent (Doudna, 2020). Or, une érosion possible de la qualité des travaux et les risques d'une diminution des budgets consacrés à la recherche, en raison de l'augmentation continue des pertes économiques et des coûts financiers découlant de la

pandémie, suscitent des préoccupations qui font contrepoids à ces espoirs. D'autres craignent que l'importance accrue accordée aux appels de financement axés sur les priorités mette davantage en péril la recherche dirigée par des chercheurs. Les répercussions à long terme de la pandémie demeuraient fondamentalement incertaines au moment des travaux du comité d'experts, mais les organismes subventionnaires évoluent maintenant dans un environnement différent. Ils devront surveiller et évaluer attentivement la façon dont ces répercussions sur le système scientifique continueront de se manifester au cours des années à venir.

3

Soutien des chercheurs

Constatations du chapitre

- L'hyperconcurrence attribuable au financement limité peut amener des chercheurs à interrompre leur carrière ou à y mettre fin. Elle a un effet particulièrement défavorable sur les chercheurs en début de carrière et ceux issus de groupes sous-représentés, comme les femmes, les personnes racisées et les personnes handicapées.
- Les chercheurs en début de carrière pourraient bénéficier d'un meilleur soutien si les organismes subventionnaires adaptaient leurs programmes (par exemple en haussant le taux de réussite), mais la segmentation du financement en fonction de l'étape de la carrière des chercheurs s'avère particulièrement efficace pour appuyer le perfectionnement professionnel à toutes les étapes.
- Les efforts déployés dans le but d'améliorer l'équité, la diversité et l'inclusion dans le milieu de la recherche reposent sur l'établissement de cibles en matière de diversité, les programmes de financement ciblant les candidats défavorisés, l'établissement d'un lien entre les chartes sur l'égalité et l'admissibilité des établissements au financement ainsi que différentes initiatives destinées à réduire les préjugés dans le cadre de l'évaluation par les pairs.
- La recherche et les chercheurs autochtones subissent des pressions hors du commun. Bien souvent, les comités d'évaluation ne possèdent pas l'expérience nécessaire pour évaluer la recherche autochtone. En outre, de nombreuses modalités des subventions, par exemple les échéances, ne cadrent pas avec les pratiques de recherche des Autochtones. D'après les données probantes, la meilleure façon d'aider ces chercheurs à relever ces défis consiste à mettre en place des programmes de subventions spécialisés et des groupes d'évaluation distincts, à offrir un financement à des équipes de recherche communautaires et à adopter d'autres pratiques exemplaires.

Les changements observés dans l'environnement de la recherche dont nous avons fait état dans le chapitre précédent se répercutent de différentes façons sur les organismes subventionnaires et les chercheurs. Le montant de financement moyen par chercheur a baissé dans bon nombre de programmes et de pays, faisant ainsi diminuer le taux de réussite et la valeur des subventions. En raison de la concurrence accrue pour les fonds limités, il est difficile d'entreprendre ou de poursuivre une carrière en recherche, ce qui met en péril l'émergence de la prochaine génération de chercheurs (objectif central de nombreux organismes).

Il est également difficile d'assurer un accès équitable aux fonds. Les chercheurs issus de groupes sous-représentés ou défavorisés[11] – notamment les femmes[12], les personnes racisées, les Autochtones, les personnes handicapées et les membres de la communauté LGBTQ2+ – continuent de se heurter à des préjugés et à des obstacles structurels même si les établissements priorisent de plus en plus leur participation. On redouble d'efforts dans plusieurs pays pour mobiliser les communautés et les cultures autochtones, mais les chercheurs autochtones doivent surmonter des défis particuliers. Dans le présent chapitre, nous examinons la façon dont les organismes subventionnaires, comme le CRSNG, s'y prennent pour assurer la réussite de la main-d'œuvre scientifique en aidant les chercheurs tout au long de leur carrière ainsi qu'en améliorant l'équité et la diversité dans le milieu de la recherche.

3.1 Soutien des chercheurs tout au long de leur carrière

Comme nous l'avons mentionné au chapitre 2, le soutien gouvernemental à la recherche (ajusté en fonction de l'inflation) a diminué ou est resté stable dans de nombreux pays depuis 2008, notamment au Canada, aux États-Unis, en France et en Italie (OCDE, 2018d). Des subventions de valeur moindre, combinées au faible taux de réussite chez les candidats, obligent les chercheurs à consacrer davantage de temps à la sollicitation du financement, qui provient souvent de plusieurs sources (Naylor *et al.*, 2017). Par ailleurs, il arrive que des chercheurs incapables de trouver un financement interrompent leur carrière ou même y mettent fin. Un environnement où le financement est attribué par voie de concours présente des difficultés particulières pour les chercheurs en début de carrière (CDC)[13], qui sont souvent désavantagés par rapport aux chercheurs établis (Powell, 2016). Les chercheurs qui assument des responsabilités familiales ou occupent un autre emploi se heurtent à des obstacles comparables (ARC, 2020a). Comme le renforcement des capacités compte au nombre des objectifs qu'ils se fixent (OCDE, 2018d), bon nombre d'organismes subventionnaires ont des raisons d'être

11 La plupart des données probantes trouvées et examinées par le comité d'experts portent sur l'expérience de chercheurs qui sont des femmes, des membres des groupes racisés et des Autochtones. Cependant, on ne devrait pas déduire du manque de données probantes se rapportant à d'autres groupes qu'ils n'ont pas rencontré d'obstacles nuisant à leur participation à la recherche.

12 Les sources examinées par le comité d'experts manquaient souvent d'uniformité quant à l'utilisation de la terminologie sexospécifique (p. ex. femmes). Dans le présent rapport, nous privilégions le recours à des termes sexospécifiques.

13 Il n'existe aucune définition universelle de l'expression *chercheur en début de carrière*. Dans le présent rapport, cette expression désigne les chercheurs autonomes depuis peu de temps. Comme de nombreux pays se sont dotés de programmes spécialisés aider financièrement les étudiants et les stagiaires postdoctoraux, nous nous pencherons brièvement sur leur situation.

préoccupés lorsque des chercheurs interrompent ou retardent leur carrière. Différentes pratiques ont été proposées dans le but d'améliorer l'environnement de financement où évoluent actuellement les chercheurs en tenant compte de leurs besoins variables tout au long de leur carrière.

Les fortes inégalités au chapitre du financement nuisent à la structure de l'effectif de recherche.

Le processus d'évaluation des demandes de subvention crée souvent un avantage cumulatif appelé « effet Mathieu ». Dans le contexte de la recherche en SNG, cet effet fait en sorte que les chercheurs ayant obtenu du financement par le passé ont davantage de chances d'en obtenir à l'issue des concours ultérieurs (Merton, 1968; Bol *et al.*, 2018)[14]. L'effet Mathieu n'est pas attribuable uniquement à la productivité accrue grâce à la subvention initiale. Premièrement, dans l'évaluation des antécédents d'un chercheur, certains programmes de subventions prennent explicitement en compte ses subventions antérieures (ARC, 2020a). Cette hypothèse est corroborée par les résultats d'une analyse des concours de financement s'adressant aux CDC aux Pays-Bas. D'après cette analyse, les évaluateurs des demandes de subvention considèrent souvent que les candidats ayant déjà obtenu des subventions sont des chercheurs plus compétents. Les chercheurs se situant juste sous le seuil de financement se découragent souvent et sont moins susceptibles de présenter de nouvelles demandes de subvention par la suite. On observe par conséquent une concentration du financement de la recherche et des ressources au fil du temps (Bol *et al.*, 2018). La concentration du financement peut également découler, en partie, d'une tendance à évaluer l'excellence ou le prestige en fonction du nombre de subventions détenues et de leur valeur. D'aucuns font valoir que les critères d'évaluation utilisés à l'égard de la permanence, des promotions et des subventions peuvent donc inciter les scientifiques à multiplier les demandes de subvention et demander des subventions de plus grande valeur (Sousa, 2008; Ioannidis, 2011). Pour récompenser ou attirer d'éminents chercheurs, certains organismes subventionnaires leur offrent des subventions très prisées de grande valeur, ce qui peut concentrer encore davantage le financement[15].

14 L'effet Mathieu, qui a été défini la première fois par Merton (1968) dans le cadre de la reconnaissance universitaire, est maintenant utilisé dans divers contextes pour désigner une dynamique selon laquelle « les riches s'enrichissent davantage », car ceux qui possèdent en abondance une ressource quelconque sont mieux placés que les autres pour en obtenir davantage. Le nom de cet effet s'inspire du verset biblique Mathieu 25:29 : « Car on donnera à celui qui a, et il sera dans l'abondance. » (Perc, 2014).

15 Citons à titre d'exemple le Programme des chaires d'excellence en recherche du Canada (CRSH, 2020).

En raison de ces effets et des politiques visant à promouvoir l'excellence scientifique, le financement de la recherche est devenu plus concentré dans plusieurs pays (Bloch et Sørensen, 2015), notamment au Canada (Mongeon *et al.*, 2016), au Royaume-Uni (Ma *et al.*, 2015) et aux États-Unis (Katz et Matter, 2019). Par exemple, 10 % des chercheurs des National Institutes of Health (NIH) ont obtenu en 2010 près de 40 % des subventions (Katz et Matter, 2019). De même, 10 % des chercheurs du CRSNG ont obtenu 57 % des fonds en 2018-2019 (CRSNG, 2020b). Dans le cas du CRSNG, cette tendance s'explique vraisemblablement par l'octroi de plusieurs subventions jumelé à des programmes offrant des subventions de grande valeur, étant donné le taux de réussite relativement élevé dans le cadre du Programme de subventions à la découverte du CRSNG[16]. Une concentration croissante du financement a de nombreuses répercussions (section 6.4). Cependant, en ce qui concerne le soutien aux chercheurs, une dispersion accrue des fonds entre les chercheurs permet d'aider davantage ceux qui en sont en début ou en milieu de carrière (Peifer, 2017). Puisque l'effet Mathieu peut entraîner des écarts qui s'amplifient au cours de la carrière des chercheurs (Bol *et al.*, 2018), les organismes subventionnaires ont étudié différentes approches afin de contrer les tendances à la concentration.

Les organismes pourraient limiter le nombre de subventions accordées à un même chercheur pour éviter qu'un groupe accumule un nombre disproportionné de subventions (Li *et al.*, 2017). Ils pourraient aussi rendre inadmissibles à certaines subventions les chercheurs ayant obtenu un financement au-delà d'une certaine valeur, comme c'est le cas dans le nouveau programme New Exploratory Research and Discovery du Novo Nordisk Foundation (Novo Nordisk Foundation, 2020). Pour atténuer l'avantage cumulatif de l'effet Mathieu, il serait aussi possible de retirer des demandes de subvention l'information concernant les subventions antérieures et de formuler des commentaires constructifs aux chercheurs qui se sont classés juste sous le seuil de financement afin de les encourager à présenter de nouvelles demandes (Bol *et al.*, 2018). L'attribution d'un plus grand nombre de subventions de moins grande valeur permettrait également de réduire les inégalités et d'atténuer l'effet Matthieu (Bol *et al.*, 2018). Cependant, la répartition du financement en subventions de plus faible valeur présente aussi des

16 Certaines subventions à la découverte ont une valeur plus élevée, mais la valeur annuelle moyenne des subventions à la découverte accordées aux 10 % de chercheurs ayant obtenu le montant le plus élevé se chiffrait à 48 500 $, comparativement à 33 000 $ pour les autres chercheurs (CRSNG 2020b). Cet écart se rapportant aux subventions à la découverte ne représente qu'environ 3,6 % de l'écart enregistré dans la valeur totale moyenne. Ces 10 % de chercheurs ont obtenu en moyenne 3,07 subventions du CRSNG, comparativement à 1,17 pour les autres chercheurs.

inconvénients, entre autres le risque que les chercheurs reçoivent des subventions insuffisantes pour financer des travaux de grande envergure et qu'ils doivent donc présenter un plus grand nombre de demandes pour obtenir le même montant de financement. Certains ont aussi proposé d'accorder des subventions de base pour atténuer le problème de la concentration du financement et réduire le temps à consacrer à la préparation de demandes et à l'évaluation par les pairs (Vaesen et Katzav, 2017) (section 5.1).

Les chercheurs des établissements de petite taille peuvent être défavorisés au chapitre de l'accès au financement de la recherche.

Les chercheurs qui travaillent dans les établissements de petite taille sont particulièrement touchés par l'inégalité du financement (Ma *et al.*, 2015; Murray *et al.*, 2016). Au Royaume-Uni, 90 % du financement accordé par l'EPSRC à l'appui de projets est versé à des chercheurs affiliés aux établissements de la tranche de 20 % supérieure (Ma *et al.*, 2015). Au Canada, les demandes des chercheurs des établissements de petite taille sont moins souvent acceptées que celles de leurs homologues des établissements de plus grande taille. Lorsqu'ils obtiennent des subventions, celles-ci ont une valeur moins élevée (Murray *et al.*, 2016). Comme le résume Owen (1992), les écarts dans la charge d'enseignement, les infrastructures et les ressources institutionnelles, notamment l'accès aux étudiants et aux stagiaires postdoctoraux, ont probablement tous un rôle à jouer dans cette disparité. Cependant, puisque cet écart touche les CDC (dont le dossier de recherche repose principalement sur les ressources de leur alma mater plutôt que sur celles de leur établissement actuel), il y a aussi tout lieu de croire que des préjugés entrent également en compte (Murray *et al.*, 2016). Les préjugés liés à son emplacement et aux disciplines visées peuvent aussi avoir une incidence négative sur la réputation d'un établissement en ce qui concerne la qualité de la recherche (Cantwell *et al.*, 2020). L'inégalité entre les établissements est en hausse à l'échelle mondiale. La concentration des ressources dans les établissements prestigieux est particulièrement flagrante dans certains pays, par exemple aux États-Unis (Cantwell *et al.*, 2020).

L'inégalité entre les établissements peut accentuer l'inégalité entre les candidats : les chercheurs défavorisés du point de vue économique ou sous-représentés ont moins de chances d'avoir accès aux universités dotées de ressources considérables qui vantent leur solide infrastructure de recherche et le taux de placement élevé de leurs diplômés (Marginson, 2006; Posselt *et al.*, 2012). Aux États-Unis, les titulaires d'une bourse du Graduate Research Fellowships Program sont habituellement concentrés dans les établissements dont les dépenses en recherche sont élevées (Hu, 2019). En raison de la tendance selon laquelle les avantages sont cumulatifs, les écarts au chapitre des possibilités offertes au premier cycle ont vraisemblablement une incidence sur l'accès à la fois de la formation ainsi qu'aux perspectives de carrière en recherche. Pour réduire le risque de biais dans l'évaluation des chercheurs des établissements de petite taille, on pourrait apporter des modifications aux processus d'évaluation, notamment en instaurant une évaluation à l'aveugle (Murray *et al.*, 2016), ou mettre l'accent sur le mérite des propositions plutôt que sur les antécédents des candidats (section 3.2). En éliminant les critères associés au soutien de l'établissement ou en réduisant leur importance, on facilite également l'accès au financement pour les chercheurs des établissements ayant peu de ressources. Les structures d'attribution qui obligent les établissements à protéger un certain temps de recherche (voir plus loin dans la présente section) peuvent alléger le fardeau imposé aux chercheurs aux prises ayant une lourde charge d'enseignement.

Les organismes subventionnaires pourraient aussi réserver des enveloppes de financement pour renforcer la capacité de recherche dans les régions peu concurrentielles. Citons à titre d'exemple de cette stratégie le programme EPSCoR RII Track-1, administré par la NSF aux États-Unis. Les États ayant reçu relativement peu d'aide de la NSF au cours des trois années précédentes peuvent demander une subvention afin de financer des projets leur permettant d'aménager des infrastructures ou de former un personnel hautement qualifié (NSF, 2020e). Selon une analyse statistique, ce programme a permis de renforcer la capacité de recherche, mais il a eu une incidence modeste et n'a guère atténué l'inégalité entre les établissements. Après 30 ans, aucun État participant n'avait amélioré ses résultats quant au financement attribué par voie de concours suffisamment pour ne plus être admissible au programme EPSCoR (Wu, 2010). Le Strength in Places Fund, au Royaume-Uni, est un autre programme qui vise à renforcer les capacités régionales en misant sur les points forts locaux dans le domaine de la recherche. L'évaluation de ce programme est en cours (Parlement du Royaume-Uni, 2020).

Un financement de transition et des postes de personnel scientifique permanents procurent de la stabilité aux chercheurs et favorisent leur avancement professionnel.

Un financement soutenu aide tous les chercheurs et peut se révéler particulièrement important pour permettre la recherche ayant des retombées considérables (Naylor *et al.*, 2017). Dans un monde idéal, toutes les propositions méritoires donneraient lieu à une subvention, mais c'est rarement possible. La perte de financement peut perturber une équipe de recherche et entraîner une réduction des capacités (Johnson *et al.*, 2015). Un financement de transition peut contribuer à atténuer les répercussions de ce type déficit de financement. Par exemple, la subvention R56 (High Priority, Short-Term Project Award) accordée par les NIH, représente un financement d'un ou deux ans alloué à certains projets qui se sont classés juste sous le seuil de financement pour la subvention R01. Ce financement de transition permet aux chercheurs de recueillir des données supplémentaires pour présenter une demande de subvention R01 améliorée (NIH, 2019a). Il peut offrir aux chercheurs qui n'ont pas réussi à renouveler leur subvention la possibilité d'améliorer leur demande pour la présenter à nouveau plutôt que de mettre fin à leur programme en raison de son coût. De plus, il est possible d'ajuster le nombre d'octrois de fonds de transition peu élevés par rapport aux projets financés en totalité pour s'assurer qu'un nombre comparable de chercheurs peuvent avoir accès à un certain financement, même au cours des années où la concurrence est particulièrement vive (OCDE, 2018d).

Dans bien des pays, une part considérable des chercheurs occupe un poste temporaire, par exemple comme stagiaires postdoctoraux, et possède peu de chances d'obtenir un emploi durable. Selon un sondage réalisé récemment à l'échelle internationale, 56 % des chercheurs postdoctoraux sont plutôt ou très pessimistes en ce qui a trait à leurs perspectives de carrière et considèrent que la concurrence pour le financement et le manque d'emplois offerts constituent les principaux défis qu'ils ont à surmonter (Nature, 2020b). Une augmentation du nombre de postes de personnel scientifique — c'est-à-dire des postes de chercheurs salariés permanents, mais qui ne mènent pas à la permanence académique — peut favoriser un meilleur équilibre entre le nombre d'étudiants et de stagiaires postdoctoraux et celui de postes stables en recherche, et renverser l'offre actuellement excédentaire de postes de stagiaires postdoctoraux. Même si elle entraîne certains coûts, cette approche a un effet bénéfique sur le système de

recherche en tirant mieux parti de l'expérience de ces chercheurs (Tilghman *et al.*, 2012). En particulier, ces scientifiques sont bien placés pour apporter un soutien à long terme dans des domaines spécialisés, ce qui représente un besoin croissant dans plusieurs domaines, notamment en sciences de la vie et en physique (Heiss, 2019; Adami *et al.*, 2020). Des entrevues menées récemment auprès de chercheurs engagés dans des postes de ce type confirment que ce rôle permet de continuer à contribuer à la recherche et de progresser sur le plan professionnel, tout en éliminant certaines contraintes et pressions associées au passage d'un poste de stagiaire postdoctoral à celui de professeur (Kuo, 2017).

Les modalités des subventions de projets peuvent être modifiées par les organismes subventionnaires afin d'appuyer des postes de scientifiques qui seraient autrement occupés par des stagiaires postdoctoraux temporaires (Tilghman *et al.*, 2012) ou en accordant une aide salariale directe, comme les bourses de l'EPSRC et celles de la Chan Zuckerberg Initiative, respectivement en génie logiciel et en imagerie (CZI, 2020; UKRI, 2020d). Les titulaires de ces bourses – qui doivent posséder un doctorat et une expérience en recherche – devraient contribuer par leur expertise à plusieurs groupes de recherche et former les étudiants afin de renforcer les capacités dans certains domaines techniques. Ce type de financement à l'appui de chercheurs permanents en postes de personnel scientifique pourrait être jumelé à une augmentation de l'échelle salariale pour les stagiaires postdoctoraux d'expérience[17], si bien que les établissements seraient moins portés à avoir recours à ces chercheurs comme une main-d'œuvre bon marché, nuisant à leur perfectionnement professionnel (Tilghman *et al.*, 2012). Aux États-Unis, comme les chercheurs postdoctoraux reçoivent leur financement en grande partie à travers les subventions appuyant des projets, la NSF encourage la formation postdoctorale en exigeant un plan de mentorat pour tout chercheur rémunéré à même ce type de subvention (NSF, 2020c). Comme nous le verrons plus loin dans la présente section, les subventions de formation et les programmes de financement distincts sont d'autres mécanismes destinés à améliorer les possibilités de formation postdoctorale (Tilghman *et al.*, 2012). En mettant l'accent sur l'objectif de formation visé par les bourses postdoctorales tout en encourageant la transition vers des emplois stables en recherche, on augmenterait la valeur et le bien-être des chercheurs en SNG.

17 Le Canada fait bande à part, car il n'a établi aucune échelle salariale fondée sur l'expérience pour les stagiaires postdoctoraux (CAPS, 2016).

Des critères d'évaluation appropriés se rapportant notamment à des activités autres que la recherche, permettent de reconnaître la diversité des contributions des chercheurs tout au long de leur carrière.

Les organismes subventionnaires évaluent le mérite scientifique en établissant et en appliquant des critères d'évaluation précis. Ces critères sont adaptés en fonction des objectifs de chaque programme, mais l'environnement de financement actuel récompense généralement les publications et les citations au détriment d'autres contributions à la recherche. Certains organismes subventionnaires reconnaissent que cette façon de faire dissuade les chercheurs de jouer un rôle plus vaste dans le système de recherche ou la société. Aux Pays-Bas, par exemple, il a été proposé d'utiliser un plus large éventail de critères – comme l'enseignement, le mentorat, l'entrepreneuriat, les communications scientifiques et les retombées pour la société – dans l'évaluation des demandes afin de prendre les décisions de financement (Gouv. des Pays-Bas, 2014). De même, la NSF exige que les chercheurs principaux et les professeurs qui participent à une demande de subvention présentent un essai biographique faisant état d'activités comme « les innovations en enseignement et en formation », l'élaboration de méthodes ou de bases de données ainsi que d'autres activités utiles au milieu de la recherche en général (NSF, 2020c). Pour l'évaluation des retombées des projets de recherche, ces biographies s'ajoutent au critère des retombées Broader Impacts établi par la NSF (section 5.2). Dans la déclaration Research Opportunity and Performance Evidence utilisée par l'Australian Research Council (ARC), les brevets, le financement obtenu de l'industrie, le mentorat et l'élaboration de politiques témoignent des retombées de la recherche (ARC, 2020a). En mettant en place ce type de critères d'évaluation, il est important de s'assurer qu'ils n'obligent pas les chercheurs à exceller dans tous les domaines de contribution aux activités savantes mentionnés. La flexibilité en ce qui a trait à la reconnaissance de contributions variées permet aux chercheurs de déterminer les activités qui correspondent le mieux à leurs compétences et à leur domaine de recherche (van Drooge et de Jong, 2015; ARC, 2020a; NSF, 2020c).

Les critères liés au mentorat peuvent être difficiles à appliquer. Ces critères défavorisent les CDC qui dirigent un laboratoire depuis peu de temps et donc disposent de moins de temps pour former le personnel hautement qualifié (Naylor *et al*., 2017). Par ailleurs, le mentorat apporte une contribution importante à la recherche. Il est donc important d'évaluer les activités de mentorat des chercheurs expérimentés, comme le fait remarquer l'ARC (2018b) dans le contexte de l'évaluation de son programme de subventions Discovery Indigenous. Cette pratique est également mise en évidence dans son prestigieux programme Laureate Fellowships, dans le cadre duquel l'organisme prend en compte les activités de mentorat antérieures et prévues des candidats (ARC, 2020b). Toute utilisation d'indicateurs appelés à augmenter avec le temps, comme le nombre de publications, défavorise généralement les CDC. On ne sait pas exactement s'il suffit d'indiquer aux évaluateurs des demandes de subvention qu'ils doivent prendre en compte l'étape de la carrière (Flood et Schuett, 2017). Ebadi et Schiffauerova (2016) ont proposé de recourir à des algorithmes d'apprentissage machine pour compenser le biais défavorisant les CDC, mais les algorithmes peuvent perpétuer d'autres formes de biais fondés sur les décisions antérieures, par exemple amplifier l'effet Mathieu si le financement antérieur constitue une variable utilisée. D'autres approches sont nécessaires pour s'assurer d'évaluer les chercheurs au moyen de critères adaptés à l'étape de leur carrière.

Les bourses d'études supérieures, les bourses de recherche et les programmes de formation offrent aux étudiants et aux chercheurs postdoctoraux des occasions de perfectionner leurs compétences en toute indépendance et d'améliorer leur transition professionnelle.

Les bourses d'études supérieures et les bourses postdoctorales sont des outils importants pour aider les titulaires à amorcer un parcours professionnel productif en recherche. Les titulaires de ces bourses peuvent choisir eux-mêmes leurs projets plutôt que d'être limités à ceux correspondant aux subventions du directeur de leurs travaux (NORC, 2014). Les titulaires du programme Graduate Research Fellows de la NSF affichent un taux d'obtention du doctorat plus élevé, bénéficient d'une plus grande souplesse dans le choix de leur projet de recherche et ont de meilleures perspectives de carrière quant aux contributions à la recherche, comme les publications et la participation à des comités d'évaluation et à des comités de lecture (NORC, 2014). Par ailleurs, les titulaires d'une bourse postdoctorale accordée par les NIH enregistrent un taux de publication supérieur de 20 % sur cinq ans et ont plus de chances de faire carrière en recherche (Jacob et Lefgren, 2011). La mesure dans laquelle les programmes de maîtrise reposent sur

la recherche — et les disparités correspondantes au niveau des disciplines et des pays — compliquent la discussion au sujet du financement au niveau de la maîtrise, mais les constatations se rapportant aux bourses d'études doctorales peuvent s'appliquer aux programmes de maîtrise centrés sur la recherche qui durent deux ans ou plus.

La conception de programmes de bourses de recherche efficaces et équitables peut toutefois s'avérer ardue. Il est parfois difficile d'évaluer le potentiel en matière de recherche des CDC tels que les candidats aux bourses d'études, car on ne peut utiliser à cette fin les indicateurs bibliométriques (Académie des sciences, 2011). Certaines données probantes semblent indiquer que l'évaluation par les pairs est supérieure aux autres méthodes utilisées pour l'attribution des bourses d'études. Par rapport aux titulaires de bourses d'études attribuées en fonction de critères non normalisés établis par les établissements, les titulaires d'une bourse de doctorat de la São Paulo Research Foundation (FAPESP) en sciences naturelles ou en génie, qui sont décernées à l'issue d'une évaluation par les pairs, affichent un taux de publication plus élevé pendant leurs études de doctorat et immédiatement après l'obtention de ce diplôme (Bin *et al.*, 2015). De plus, lorsque le financement accordé ne couvre pas le coût de la vie, les titulaires issus de milieux socioéconomiques défavorisés se trouvent en difficulté. Dans un récent sondage mené au Canada, environ les deux tiers des répondants en sciences naturelles et en génie[18] ont indiqué avoir eu besoin d'un revenu supplémentaire pendant qu'ils détenaient une bourse d'études supérieures ou doctorale du gouvernement fédéral. Bon nombre d'entre eux ont affirmé avoir eu recours à leur épargne ou au soutien de leur famille (SPE, 2019). Ces résultats n'ont rien d'étonnant, car la valeur des bourses d'études supérieures accordées par le gouvernement fédéral du Canada (programmes de bourses d'études supérieures du Canada au niveau de la maîtrise et du doctorat, de bourses doctorales du CRSNG et de bourses d'études supérieures Vanier) n'a pas augmenté depuis 2008 (CAC, 2021). La dernière augmentation de la valeur des bourses postdoctorales remonte à 2014 (CRSNG, 2015a, 2020f). Or, leur valeur demeure inférieure aux recommandations formulées en 2013 par les titulaires et les directeurs de leurs travaux (Ekos Research Associates, 2013). Aux États-Unis, environ 40 % des titulaires d'une bourse doctorale en sciences naturelles et en génie ont indiqué utiliser leur épargne personnelle comme source de soutien financier pendant leurs études supérieures et environ 30 % ont déclaré compter sur les revenus ou l'épargne de leur famille (NSF, 2019b)[19]. Une carrière en recherche est moins accessible pour les étudiants qui ne disposent d'aucune source de revenus supplémentaire.

18 Plus précisément, 66 % des répondants en sciences de la vie et 65 % des répondants en sciences physiques, en mathématiques et en génie.

19 Le taux variait selon la discipline et le genre.

Quand elle leur permet de créer des liens avec l'industrie et d'acquérir des compétences transférables, la formation des doctorants et des stagiaires postdoctoraux favorise l'intégration des chercheurs à la main-d'œuvre (CAC, 2021). Les organismes subventionnaires internationaux soutiennent de plus en plus des programmes qui intègrent à la formation en recherche l'entrepreneuriat et l'application des résultats de la recherche. Au Royaume-Uni, les Centres for Doctoral Training financent des programmes doctoraux fondés sur des cohortes qui comprennent une formation permettant d'acquérir des compétences transférables ainsi qu'une formation en recherche et en innovation responsables et assurent l'établissement de liens avec l'industrie (EPSRC, 2018b, 2020b). Au niveau postdoctoral, le programme Future Leaders Fellowship de l'organisme UK Research and Innovation (UKRI) vise à soutenir les chercheurs dans leur processus vers l'autonomie, en particulier lorsqu'ils passent d'une industrie à l'autre ou entreprennent un projet qui crée des liens entre le milieu universitaire et le monde des affaires (UKRI, 2018). Le Programme de formation orientée vers la nouveauté, la collaboration et l'expérience en recherche (FONCER) du CRSNG vise des objectifs similaires, mais le financement est accordé à des chercheurs établis plutôt qu'à des établissements ou à des titulaires d'une bourse (CRSNG, 2020h). Par ailleurs, le programme I-Corps de la NSF (section 5.2) est conçu de sorte que les étudiants des cycles supérieurs et les stagiaires postdoctoraux dirigent habituellement le volet entrepreneurial dans le cadre des projets (NSF, 2020b). Plus de 1 400 responsables du volet entrepreneurial ont été formés dans le cadre de ce programme depuis 2011 (NSF, 2019a). Le comité d'experts constate également les efforts croissants déployés pour former les jeunes scientifiques à mener des activités de sensibilisation. Par exemple, les bourses Stephen Hawking destinées aux chercheurs postdoctoraux en physique théorique mettent particulièrement l'accent sur la communication scientifique et la sensibilisation aux sciences (UKRI, 2020c).

Divers programmes de subventions sont maintenant conçus pour soutenir la transition des chercheurs du doctorat ou du postdoctorat vers une carrière indépendante. Par exemple, le programme Early Independence Award des NIH accorde une aide à de nouveaux titulaires d'un doctorat qui, après avoir occupé un poste postdoctoral pendant au plus 12 mois, se sont vu offrir un poste indépendant par un établissement d'accueil (NIH, 2020a). Le programme Talent Scheme du Dutch Research Council (NWO) (lequel précise que le poste doit mener à la permanence pour les titulaires d'une subvention Vidi), le programme Future Leaders Fellowship du UKRI et le programme de chercheurs-boursiers Senior du FRQS exigent aussi que l'établissement d'accueil offre un poste de chercheur indépendant à la fin de la période de validité de la subvention (NWO, 2017a; FRQS, 2018; UKRI, 2020a).

Des enveloppes budgétaires distinctes et des subventions segmentées selon l'étape de la carrière donnent aux CDC l'indépendance nécessaire pour élaborer eux-mêmes leur programme de recherche.

Les CDC peinent souvent à rivaliser avec les chercheurs plus expérimentés, car ils ont eu moins de temps pour bâtir leur curriculum vitæ et ont généralement moins de soutien et d'expérience pour préparer de volumineuses demandes de subvention (Flood et Schuett, 2017). Un taux de réussite élevé est particulièrement important pour permettre aux CDC d'établir leur programme de recherche (Naylor *et al*., 2017). Le financement des équipes de recherche permet aux chercheurs établis de partager leur financement avec des chercheurs débutants (qui ne sont peut-être pas en mesure de rivaliser pour obtenir eux-mêmes des fonds) en leur déléguant des sous-projets (Li *et al*., 2017). Ce type de structure de financement peut réduire le temps que les CDC consacrent à la présentation des demandes de subvention, ce qui les libère pour faire de la recherche. Cependant, les CDC affirment que leur titre de cochercheur dans le cadre de demandes de subvention présentées avec des chercheurs principaux plus expérimentés est peu avantageux en ce qui concerne le perfectionnement et l'avancement professionnels (Naylor *et al*., 2017). De plus, les défis que présente l'évaluation des contributions individuelles à des projets collaboratifs peuvent avoir des répercussions négatives pour les CDC (ARISE, 2008). Selon Bourguignon (2018), un financement individuel, de préférence sous la forme de subventions appuyant une recherche dirigée par le chercheur, est essentiel pour permettre à un CDC d'accéder à l'indépendance.

Certains organismes subventionnaires choisissent de soutenir les CDC dans le cadre de leurs programmes de financement principaux, parfois en prévoyant un mécanisme pour assurer l'atteinte d'un seuil de réussite minimal par ces candidats. Citons à titre d'exemple le Programme de subventions à la découverte du CRSNG (CRSNG, 2020j). D'autres organismes font plutôt appel à des programmes de financement réservés aux CDC. Par exemple, bien que 15 % du budget de son programme Discovery Award soit réservé aux CDC, l'Australian Research Council (ARC) a constaté que le taux de réussite de ces chercheurs était peu élevé. Il a aussi observé une augmentation de la proportion de ces chercheurs participant à la présentation d'une demande au sein d'une équipe de chercheurs établis, ce qui l'a incité à créer un programme Discovery Early Career Researcher Award distinct (ARC, 2010). On trouvera dans le tableau 3.1 d'autres exemples de programmes classés selon trois grandes pratiques de financement : aide salariale, financement de projets et segmentation du financement selon l'étape de la carrière.

Tableau 3.1 Certaines pratiques destinées à soutenir les chercheurs tout au long de leur carrière

Pratique	Exemples	Données probantes témoignant du succès
Aide salariale pour les CDC	**Programmes d'appui salarial** (IRSC, Canada) **Programme de chercheurs-boursiers** (Fondation Michael Smith pour la recherche en santé, Canada) **Programme Discovery Early Career Researcher Award** (ARC, Australie)	Les chercheurs titulaires d'un appui salarial accordé par les IRSC publient davantage d'articles que leurs homologues qui n'en reçoivent pas. De plus, selon certaines données, la progression professionnelle de ces CDC est plus rapide, mais l'écart observé au chapitre du temps de recherche n'est pas considérable (77 % pour les titulaires comparativement à 71 % pour les autres) (Unité d'évaluation des IRSC, 2012).
Financement de projets réservé aux CDC	**Programme Director's Early Independence and New Innovator Awards** (NIH, États-Unis) **Programme Discovery Early Career Researcher Award** (ARC, Australie)	Les titulaires d'une subvention New Innovator obtiennent des retombées supérieures par rapport à leurs homologues n'ayant pas reçu cette subvention et aux CDC titulaires d'une subvention traditionnelle, mais ils obtiennent des résultats similaires pour les autres indicateurs professionnels (NIH et STPI, 2016).
Segmentation du financement selon l'étape de la carrière	**Programme de chercheurs-boursiers Junior 1, Junior 2 et Senior** (FRQS, Canada) **Programme Veni Vidi Vici** (NWO, Pays-Bas) **Subventions de démarrage, subvention de consolidation et subventions pour chercheurs expérimentés** (Conseil européen de la recherche)	Les titulaires d'une subvention du NWO sont plus susceptibles de demeurer dans le milieu universitaire et de devenir professeurs titulaires, mais ils sont par ailleurs moins susceptibles d'occuper un poste permanent six ans après la présentation de leur demande. Cette situation s'explique peut-être par le fait que les candidats non retenus sont incités à obtenir des postes permanents moins attrayants, tandis que les candidats retenus ne ressentent pas la pression d'obtenir cette sécurité (Gerritsen *et al.*, 2013).

L'aide salariale permet aux chercheurs nouvellement indépendants de consacrer la majeure partie de leur temps à la recherche plutôt qu'à l'enseignement ou à des responsabilités administratives (MSFHR, 2020). Le financement de projets appuie plus directement la recherche des CDC. Certaines possibilités de financement, comme le programme Director's New Innovator Award des NIH, accordent des fonds considérables (jusqu'à 1,5 million de dollars américains sur cinq ans) et

donnent aux CDC la possibilité de participer à des programmes de subventions très prisés dans le cadre desquels ils ne sont pas évalués aux côtés de chercheurs établis (NIH, 2020b). Le programme New Innovator Award se distingue en permettant aux CDC de participer à une recherche à haut risque, tout en leur offrant des avantages professionnels semblables à ceux offerts dans le cadre du programme de subventions R01 classique (NIH ACD, 2019). D'autres possibilités de financement, notamment les programmes Discovery Early Career Researcher Award et Future Fellowship de l'ARC, fournissent à la fois une aide salariale et des fonds pour le fonctionnement des projets (ARC, 2019).

Parmi le financement segmenté de façon à permettre aux chercheurs de rivaliser avec des candidats se trouvant à une étape similaire de leur carrière, mentionnons entre autres les subventions Veni Vidi Vici des Pays-Bas (NWO, 2021) ainsi que les subventions de démarrage, les subventions de consolidation et les subventions pour chercheurs expérimentés du Conseil européen de la recherche (ERC) (ERC, 2020a). D'après l'expérience des membres du comité d'experts et leurs entrevues avec des représentants d'organismes de financement de la recherche, ces types de programmes sont particulièrement efficaces pour appuyer les chercheurs à différentes étapes de leur carrière. Les titulaires d'une subvention du NWO sont plus susceptibles que les autres de demeurer dans le milieu universitaire et de devenir des professeurs titulaires six ans après la présentation de leur demande (Gerritsen *et al.*, 2013). D'après une évaluation réalisée en 2017 par le ERC, 83 % des projets appuyés au moyen d'une subvention pour chercheurs expérimentés et 75 % de ceux appuyés au moyen d'une subvention de démarrage ont donné lieu à une avancée scientifique majeure ou à une percée importante. On peut en déduire que les CDC et les chercheurs établis bénéficiant d'un financement en vertu de ces mécanismes génèrent donc fréquemment des retombées considérables (ERC, 2018b). En particulier, les deux tiers des subventions accordées par le ERC appuient directement des chercheurs de moins de 40 ans (Didili, 2020). Les programmes du NWO et de l'ARC offrent tous deux un financement dont la valeur augmente à mesure que le chercheur progresse dans sa carrière, si bien que la valeur optimale des subventions change d'une étape à l'autre. Le comité d'experts note également que ces programmes offrent aux organismes subventionnaires la possibilité de gérer la structure de l'effectif en fournissant une aide ciblée à différents segments. En calibrant le montant du soutien destiné à chaque segment, ces organismes peuvent contribuer à favoriser une relève constante de chercheurs à toutes les étapes de leur carrière.

Toutefois, au moment de concevoir ce type de programmes, il est important de prendre en compte les transitions entre les étapes de la carrière. Au Canada, par exemple, le Programme des chaires de recherche du Canada (CRC), qui comporte deux niveaux, a créé des lacunes dans le soutien aux chercheurs en début et en

milieu de carrière. Les CRC de niveau 2 sont réservées aux CDC qui occupent un poste menant à la permanence (GC, 2021b), ce qui exclut un nombre grandissant de jeunes chercheurs puisque ces postes sont de plus en plus rares (Flood et Schuett, 2017). En revanche, le Programme de chercheurs-boursiers du FRQS, dont les objectifs de recrutement de chercheurs sont similaires, offre des subventions salariales segmentées pour les chercheurs en début et en milieu de carrière qui n'occupent pas nécessairement un poste menant à la permanence (FRQS, 2018). De plus, selon Naylor *et al.* (2017), l'âge et l'expérience croissants des chercheurs titulaires d'une CRC de niveau 1 renouvelable révèlent une lacune dans le soutien pour les chercheurs en milieu de carrière qui ne sont plus admissibles aux chaires de niveau 2. La limitation des CRC de niveau 1 à un seul renouvellement (GC, 2017) contribue à résoudre le problème, mais il se peut que les chercheurs en milieu de carrière ne soient également pas admissibles à ces subventions en raison du critère de leadership sur le plan international applicable aux CRC de niveau 1. D'après Flood et Schuett (2017), les candidats ont parfois de la difficulté à montrer qu'ils remplissent ce critère jusqu'à environ 5 à 10 ans après avoir cessé d'être admissibles aux CRC de niveau 2. Les organismes pourraient mettre en place des programmes de subventions réservés aux chercheurs en milieu de carrière pour soutenir les chercheurs en SNG qui en sont à cette étape. Par exemple, les subventions du programme Future Fellowship de l'ARC ont eu une incidence favorable sur les chercheurs en milieu de carrière (ARC, 2010). Le comité d'experts estime toutefois que l'inclusion explicite des chercheurs en début et en milieu de carrière dans une série de programmes de financement segmenté selon l'étape de la carrière risque moins d'occulter les transitions professionnelles que les programmes centrés sur une seule étape de carrière.

3.2 Soutien à l'équité, à la diversité et à l'inclusion dans le milieu de la recherche

Selon des analyses récentes des résultats de l'Enquête internationale auprès des auteurs scientifiques menée par l'OCDE (OCDE, 2020a) et des données sur la dotation de personnel de 15 universités concurrentielles à l'échelle mondiale (Khan *et al.*, 2019), il y aurait une sous-représentation persistante des femmes et des personnes racisées dans le milieu universitaire. Les écarts fondés sur le genre sont plus marqués en sciences physiques et en génie qu'en sciences naturelles ou en sciences sociales (Institute of Medicine, 2007; CAC, 2012a)[20]. D'après une étude menée aux États-Unis qui a suivi la carrière universitaire de titulaires de doctorat, les universitaires issus de groupes sous-représentés produisent généralement

20 Au Canada, les femmes représentaient seulement 9 % des professeurs titulaires en sciences physiques, en informatique, en génie et en mathématiques en 2008-2009, comparativement à 23 % en sciences naturelles et à 29 % en sciences humaines, en sciences sociales et en enseignement (CAC, 2012a). Nous traiterons plus en détail de l'équilibre entre les genre dans le corps professoral canadien à la section 6.3.

davantage de découvertes scientifiques novatrices, mais ces découvertes sont moins susceptibles d'être exploitées par d'autres universitaires ou de mener à une carrière fructueuse (Hofstra *et al.*, 2020). Les biais inhérents au système actuel d'évaluation des demandes de subvention ont une incidence négative sur les femmes (Institute of Medicine, 2007). Les observations préliminaires semblent indiquer que des biais similaires nuisent aux membres des groupes racisés (Gandy et al., 2018). Le faible taux de réussite des chercheuses en début de carrière, par rapport à leurs homologues masculins, pourrait aussi expliquer en partie pourquoi celles-ci quittent le milieu de la recherche (ARC, 2010). Comme il est mentionné au chapitre 2, la COVID-19 amplifie certains défis auxquels se heurtent les chercheurs marginalisés, si bien que les groupes déjà sous-représentés sont encore plus défavorisés (Kramer, 2020). Une dispersion accrue du financement pourrait contribuer à améliorer la diversité des chercheurs (Katz et Matter, 2017), mais il faudrait modifier considérablement les critères et la culture de la recherche pour résoudre ces problèmes au niveau systémique (Institute of Medicine, 2007). Les organismes subventionnaires explorent donc constamment un éventail de pratiques pour améliorer l'équité, la diversité et l'inclusion (EDI) dans le milieu de la recherche.

Les pratiques de financement comportant un appel et une évaluation des demandes et de subvention peuvent avoir une incidence sur l'équité grâce à divers mécanismes.

L'inégalité dans le contexte du financement peut se manifester de nombreuses façons : sous la forme d'écarts dans le taux de demande, le taux de réussite ou le niveau de financement. Par exemple, les inégalités dans les subventions des NIH appuyant des travaux à haut risque et à haut rendement, comme dans le cadre du programme New Innovator Award, découlent principalement d'écarts dans le taux de demande plutôt que dans le taux de réussite (Lee et Tabak, 2019). En ce qui concerne le taux de réussite, on observe des écarts entre les genres dans les programmes administrés par les IRSC (Witteman *et al.*, 2019) et le NWO (van der Lee et Ellemers, 2015). Un écart dans la valeur des subventions a également été observé entre les hommes et les femmes dans le cadre du Programme de subventions à la découverte du CRSNG (Urquhart-Cronish *et al.*, 2019) et dans celui des subventions du Wellcome Trust au Royaume-Uni (Bedi *et al.*, 2012). De façon générale, selon une analyse des prénoms[21], parmi la proportion de 10 % de titulaires ayant reçu les montants les plus élevés en 2019-2020, 76 % étaient des hommes, or ceux-ci ne

21 L'analyse en fonction des prénoms a été réalisée au moyen du paquetage R « gender » présenté par Blevins et Mullen (2015). Cette méthode repose sur des données du recensement américain. Elle ne peut donc pas reconnaître les identités de genre individuelles qui diffèrent de celles reconnues par l'État. En outre, il est possible que l'analyse ne détermine pas le bon genre dans le cas des prénoms provenant d'autres contextes culturels, comme les prénoms francophones. Les titulaires d'une bourse de premier cycle ont été exclus de l'analyse.

comprenaient qu'une part de 70 % de tous les chercheurs subventionnés (CRSNG, 2020b). Comme ces données ne sont pas différenciées selon l'étape de la carrière, cette statistique pourrait s'expliquer en partie par le profil démographique des chercheurs expérimentés (section 6.3).

Pour améliorer le taux de demande, il a été proposé d'accroître la sensibilisation des groupes sous-représentés, par exemple en donnant des présentations dans le cadre de conférences pour les encourager à demander des subventions (NIH, 2019b). Il faut toutefois aussi porter une plus grande attention aux termes genrés (p. ex. « man-hours ») ou stéréotypés en fonction du genre (p. ex. « independent » par opposition à « thorough »)[22]. Ce langage a été observé dans les critères d'évaluation des demandes de subvention, notamment dans les documents à l'intention des candidats (van der Lee et Ellemers, 2015). Les termes genrés dans les offres d'emploi peuvent réduire l'intérêt des femmes en transmettant l'idée qu'elles n'ont pas leur place dans ces postes (Gaucher *et al.*, 2011). En outre, le langage utilisé dans les documents de demande de subvention peut contribuer à une tendance documentée selon laquelle les femmes se considèrent comme étant moins compétitives que les hommes pour les prix prestigieux (Sheil, 2011).

D'autres préoccupations liées à l'équité surviennent pendant l'évaluation par les pairs. Les subventions « individuelles » pour lesquelles on évalue les réalisations des candidats soutiennent l'indépendance et offrent un financement stable qui assure une flexibilité dans la recherche (section 4.3). Or, le taux de réussite des femmes a été inférieur à celui des hommes dans le cadre du programme de subventions Fondation des IRSC, ce qui s'expliquerait par le fait que ce programme met l'accent sur le critère de la qualité du chercheur (Witteman *et al.*, 2019). Le fonctionnement exact de ce biais demeure incertain, mais il est vraisemblablement attribuable à des préjugés individuels de la part des évaluateurs, à des inégalités systémiques quant à l'accès à des occasions de bâtir son curriculum vitæ, à la priorité différente accordée aux activités autres que la recherche (comme le mentorat) et aux différences dans la manière dont les femmes présentent leurs réalisations professionnelles (Witteman *et al.*, 2019). Le programme de subventions Fondation a été abandonné en raison de ces aspects et d'autres biais (IRSC, 2019b). Un résultat plus faible des femmes à l'évaluation réalisée en fonction du critère de la « qualité du chercheur » a également été observé dans le programme néerlandais Talent Scheme aux Pays-Bas, aussi axé sur les personnes (van der Lee et Ellemers, 2015).

22 Van der Lee et Ellemers (2015) définissent le langage stéréotypé en fonction du genre en se fondant sur les travaux de Schmader *et al.* (2007) et de Gaucher *et al.* (2011), qui se sont eux-mêmes inspirés des études réalisées par Bem (1974), Spence *et al.* (1979), Trix et Psenka (2003) ainsi que Madera *et al.* (2009). Les termes sont classés comme étant typiquement masculins ou féminins en partie en fonction de différences observées dans le langage utilisé dans des lettres de recommandation pour décrire les hommes et les femmes. Par exemple, les adjectifs vus comme faisant ressortir le *caractère remarquable* (p. ex. « outstanding ») ou *autonome* (p. ex. « independent » ou « objective ») sont davantage associés aux hommes, tandis que les termes se rapportant au *travail acharné* (p. ex, « thorough ») ou à la *collectivité* (« understanding » ou « helpful ») sont davantage associés aux femmes.

Pour éliminer les biais dans l'évaluation des demandes de subvention, les NIH ont récemment annoncé un plan visant à mettre en place des évaluations par les pairs anonymes (à l'aveugle) dans le cadre du programme Transformative Research Awards (Lauer, 2020). Cette modification s'inscrit dans la foulée de certains changements apportés aux programmes Pioneer Award et New Investigator Award, qui reportent l'évaluation du CV abrégé du chercheur à la deuxième étape du processus d'évaluation (NIH, 2019b). De même, la São Paulo Research Foundation (FAPESP) structure ses évaluations par les pairs en fonction d'un ensemble de questions (Osório de Almeida, 2011). D'après l'information recueillie par le comité d'experts au cours des entrevues, la priorité est accordée aux questions portant sur la recherche plutôt que sur le chercheur. Les évaluations anonymes peuvent cependant poser des problèmes. Dans certains cas, les évaluateurs peuvent identifier l'auteur de la demande à partir de la description de sa recherche, ce qui introduit une nouvelle inégalité dans le processus. De plus, les critères d'évaluation établis sans l'apport de chercheurs issus de groupes sous-représentés peuvent perpétuer des biais (Acker, 1990). Des modifications au chapitre de l'importance accordée à certains types d'activités de recherche pourraient améliorer les perspectives des chercheurs marginalisés dans l'évaluation par les pairs. Par exemple, d'après une étude danoise, les femmes seraient surreprésentées dans les collaborations interdisciplinaires par rapport à celles s'inscrivant dans une seule discipline (Nielsen, 2017), si bien que des efforts à l'appui de la recherche interdisciplinaire (section 4.1) pourraient aussi améliorer leur accès au financement.

La normalisation des aspects de l'évaluation en fonction de paramètres transparents et clairement définis peut constituer une stratégie destinée à atténuer les biais (Ioannidis, 2011). Toutefois, les biais pourraient être amplifiés à l'étape de l'évaluation en raison de l'importance accordée à la bibliométrie. Par exemple, il a été démontré qu'un indicateur des résultats bibliométriques utilisé pour allouer des fonds à des universités danoises élargissait l'écart entre les genres au chapitre du rendement de la recherche en le faisant passer à 20 %, comparativement à 14 % dans les évaluations fondées uniquement sur le nombre d'articles publiés. Cet écart pourrait s'expliquer par la plus forte participation masculine aux collaborations en recherche internationales de grande envergure ou par la sous-représentation des femmes au sein des comités qui déterminent quelles publications ont la plus grande incidence pour les besoins de cet indicateur (Nielsen, 2017). Malgré le fait que cet indicateur danois vise à évaluer les établissements plutôt que les chercheurs, on constate que des départements l'ont utilisée pour évaluer le rendement des chercheurs, ce qui pourrait potentiellement défavoriser les femmes dans les décisions en matière de promotion (Aagaard *et al.*, 2014; Nielsen, 2017). Il n'est pas toujours contre-indiqué d'avoir recours à la bibliométrie pour évaluer les chercheurs. Toutefois, en raison des biais et des

autres lacunes, on doit utiliser ces indicateurs avec beaucoup de prudence pour l'octroi de subventions individuelles et il faudrait toujours s'en remettre au jugement d'évaluateurs experts (Académie des sciences, 2011; CAC, 2012b; Hicks *et al*., 2015).

Les chartes sur l'égalité ont permis de faire progresser l'EDI, mais l'avantage de lier leur adoption à l'admissibilité au financement est incertain.

En adoptant une charte sur l'égalité, les établissements s'engagent à respecter un ensemble de principes. Ils élaborent et mettent en œuvre un plan d'action en matière d'égalité (AAAS – SEA Change, 2020). La progression de ces plans est mesurée selon un processus d'examen à l'issue duquel les établissements se voient attribuer une mention (p. ex. bronze, argent ou or) (Athena SWAN Charter Review Independent Steering Group, 2020). Ce type de charte a vu le jour au Royaume-Uni, dans le contexte du programme Athena SWAN, mais le même cadre est actuellement utilisé en Australie dans le contexte du programme SAGE (SAGE, 2020) et aux États-Unis dans celui de SEA Change (AAAS – SEA Change, 2020). Une charte distincte sur l'égalité entre les races a récemment été élaborée au Royaume-Uni (Advance HE, 2020a), tandis que la charte de SEA Change traite de l'équité entre les races et entre les genres de manière simultanée et intersectionnelle (AAAS – SEA Change, 2020). De concert avec le CRSH et les IRSC, le CRSNG met en œuvre le programme pilote Dimensions : équité, diversité et inclusion Canada, qui repose sur une charte s'appliquant à divers groupes sous-représentés (GC, 2019d).

Plusieurs évaluations de la version initiale du programme Athena SWAN ont révélé des résultats positifs. Les départements ayant reçu une mention Athena SWAN comptent davantage de femmes au sein de leur personnel et celles qui y travaillent affichent une plus grande satisfaction au travail (Graves *et al*., 2019). Les études de cas font état de retombées favorables et les départements qui ont présenté une demande au programme affichent une tendance positive à l'égard de certains indicateurs de l'équilibre entre les genres (Graves *et al*., 2019). Cependant, certaines préoccupations ont été soulevées quant à la mise en œuvre d'Athena SWAN à l'heure actuelle, en particulier concernant le fardeau administratif du processus de demande, le manque d'uniformité des évaluations et la question de savoir si le format des demandes permet de bien cerner la progression de tous les établissements (Athena SWAN Charter Review Independent Steering Group, 2020). La charte sur l'égalité entre les races mise en œuvre au Royaume-Uni n'a pas encore fait l'objet d'une évaluation formelle.

L'élaboration et la diffusion de pratiques efficaces peuvent accroître les retombées des chartes sur l'égalité. Une base de données sur les pratiques exemplaires a récemment été mise en ligne afin de partager des renseignements tirés d'Athena

SWAN et de sa charte sur l'égalité entre les races (Advance HE, 2020b). La charte sur l'EDI du programme canadien Dimensions prévoit un engagement portant sur « la collaboration entre les établissements, la transparence et la communication des difficultés et des réussites ainsi que des pratiques prometteuses » (GC, 2019d). De plus, l'octroi de financement pour aider les établissements à apporter des améliorations liées à leur charte sur l'égalité pourrait rendre les travaux plus durables et moins tributaires des bénévoles, dont la majorité sont des femmes (Rosser *et al.*, 2019). À ce chapitre, le programme ADVANCE de la NSF est un exemple intéressant puisqu'il offre des subventions Institutional Transformation qui financent à la fois les changements institutionnels visant à améliorer l'équilibre entre les genres en science, en technologie, en ingénierie et en mathématiques (STIM) (p. ex. meilleure collecte des données sur les écarts entre les genres) et la recherche sur l'équité des genres (p. ex. méthodes permettant de réduire les biais) (Rosser *et al.*, 2019). Les établissements qui ont obtenu une subvention ADVANCE affichaient des gains supérieurs par rapport aux autres quant au nombre de femmes parmi leur corps professoral et leurs nouveaux employés ainsi que dans les postes de direction (Case Western Reserve University, 2018, cité dans Rosser *et al.*, 2019).

Les organismes subventionnaires pourraient aussi stimuler la participation à des programmes de chartes sur l'égalité en associant certaines mentions aux critères d'admissibilité. Par exemple, une mention argent Athena SWAN pourrait être exigée pour obtenir un financement du National Institute for Health Research (NIHR) (Donald *et al.*, 2011). Selon des entrevues et des sondages ciblant le personnel des départements de sciences médicales à l'Université d'Oxford, l'établissement d'un lien entre Athena SWAN et l'admissibilité au financement a encouragé les départements à participer au programme, mais certains craignent que l'octroi de mandats externes pour le mettre en œuvre puisse inciter les départements à simplement « cocher des cases » plutôt qu'à apporter de véritables changements (Ovseiko *et al.*, 2017). Les établissements participants doivent parfois faire preuve d'un certain degré de motivation intrinsèque pour obtenir tous les avantages associés aux chartes sur l'égalité.

Il est également possible de reconnaître les efforts individuels des candidats en matière d'EDI. Cette approche a été adoptée par la NSF sous la forme de son critère Broader Impacts et par le Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies (FRQNT, 2019; NSF, 2020c). L'adoption des critères d'EDI dans les demandes de subvention oblige les organismes subventionnaires et les évaluateurs à déterminer la façon d'évaluer les efforts en matière d'EDI. De plus, la responsabilité de faire progresser l'équité incombe alors au candidat plutôt qu'au département.

Les cibles en matière de diversité et le soutien à la collaboration peuvent servir à atténuer les inégalités systémiques.

L'établissement de cibles en matière de diversité peut s'avérer efficace dans certains cas. Par exemple, ce type de cibles a été utilisé pour l'attribution de chaires de recherche du Canada. En 2019 (malgré des progrès variables), ce programme a atteint les cibles de représentation des femmes, des personnes racisées, des Autochtones et des personnes handicapées (GC, 2019b). Les programmes s'adressant expressément aux chercheurs issus de groupes défavorisés peuvent avoir des retombées considérables. Citons à titre d'exemples le programme Rosalind Franklin Fellowship de l'Université de Groningen, aux Pays-Bas, qui accorde des bourses aux femmes (Gouv. des Pays-Bas, 2014), et le programme Georgina Sweet Fellowship, qui accorde une bourse supplémentaire aux candidates à une bourse du programme Laureate Fellowship de l'ARC les mieux classées dans un domaine scientifique ou technologique (Sheil, 2011). L'établissement de ce type de cibles est toutefois peu efficace pour s'attaquer aux causes sous-jacentes de la sous-représentation.

Il se peut que les femmes aient besoin d'un financement supplémentaire au titre de la collaboration internationale, où les hommes sont surreprésentés (Uhly *et al.*, 2017). La mobilité géographique des scientifiques pendant et après leur formation correspond à leur participation à des collaborations internationales (Scellato *et al.*, 2015). Comparativement aux hommes, la participation des femmes comme chercheuses invitées diminue aux étapes ultérieures de leur carrière, ce qui peut contribuer à l'effritement de leurs réseaux internationaux (Jöns, 2011). Cette situation empêche les femmes de tirer le maximum des collaborations. D'après Ferreira et Klutsch (2018), il est possible de limiter certains obstacles liés aux responsabilités familiales en offrant un soutien au conjoint ou en prenant en charge les dépenses de déménagement. On doit cependant évaluer soigneusement ces politiques afin de s'assurer qu'elles procurent l'avantage voulu aux femmes. Par exemple, certaines politiques sans distinction de genre permettent aux nouveaux parents de prolonger le délai alloué avant l'évaluation de leur permanence pour les aider à assumer leurs responsabilités familiales. Toutefois, selon une étude portant sur un ensemble de départements d'économie, les hommes sont beaucoup plus nombreux à pouvoir utiliser ce délai supplémentaire pour publier un plus grand nombre d'articles, ce qui élargit l'écart entre les genres à l'égard du taux de permanence (Antecol *et al.*, 2016).

Les chercheurs issus de groupes sous-représentés bénéficient de conseils pour obtenir du financement, mais il faut veiller à ce que la charge liée à ce service à la communauté universitaire ne pénalise pas indument ces chercheurs.

Les contraintes de temps attribuables à la charge accrue liée à l'enseignement et aux services à la communauté universitaire peuvent expliquer en partie que les femmes sont moins nombreuses à demander les subventions prestigieuses (Easterly et Pemberton, 2008; Leberman *et al.*, 2016), comme il a été mentionné ci-dessus relativement au New Investigator Award des NIH (Lee et Tabak, 2019). Les données empiriques selon lesquelles les femmes ont une charge d'enseignement plus lourde sont partagées[23]. Il existe toutefois des données probantes plus convaincantes montrant que la charge des professeures racisées et des membres d'autres groupes marginalisés liée aux services à la communauté universitaire est disproportionnée (p. ex. participation à un comité départemental ou à un groupe de travail sur la diversité)[24], ce qui pourrait limiter le temps qu'ils consacrent à la rédaction de demandes de subvention et à la recherche. Les femmes soulignent que les longs processus de demande et l'absence de rétroaction concernant certaines subventions (p. ex. Marsden Fund; voir section 5.1) peuvent contribuer à l'idée que le temps consacré à la préparation d'une demande n'a pas été bien investi (Leberman *et al.*, 2016). Il est donc possible d'accroître le taux de demande des chercheuses aux prises avec des contraintes de temps en donnant une rétroaction et en améliorant l'efficience administrative du processus de demande.

De plus, les chercheurs marginalisés n'ont souvent pas accès au mentorat (CAC, 2012a; McCoy *et al.*, 2015), ce qui peut contribuer à leur taux de réussite inférieur dans les demandes de subvention (Leberman *et al.*, 2016). Les organismes subventionnaires peuvent s'attaquer à ce problème en apportant un soutien ciblé pour la rédaction des demandes de subvention et en offrant aux chercheurs marginalisés des possibilités de mentorat à l'extérieur de leur établissement.

23 Park (1996) résume les données probantes tirées de plusieurs sources qui montrent des écarts historiques importants entre les genres sur le plan des responsabilités d'enseignement et de services à la communauté universitaire au sein du corps professoral. Pour leur part, O'Meara *et al.* (2017) ont observé des écarts semblables dans des études plus récentes prenant en compte le grade. En revanche, le Social Sciences Feminist Network Research Interest Group (SSFNRIG) (2017) n'a relevé aucun écart important dans les responsabilités d'enseignement en prenant en compte le grade. Enfin, Meyer et Xu (2009) ont conclu que les femmes ont une plus faible charge d'enseignement dans les établissements centrés sur la recherche et dans les collèges communautaires (centrés sur l'enseignement).

24 Selon Misra *et al.* (2012), les professeures agrégées ont indiqué consacrer chaque semaine deux heures de plus que les hommes au mentorat et cinq heures de plus à d'autres services à la communauté universitaire. Pour sa part, le Social Sciences Feminist Network Research Interest Group (SSFNRIG) (2017) a observé parmi les professeurs adjoints des écarts entre les femmes et les membres de groupes marginalisés (définis comme des professeurs de couleur, queer et issus de la classe ouvrière) au chapitre des services à la communauté universitaire pour. Sans prendre en compte le grade, Guarino et Borden (2017) ont observé que la charge liée à ce service est plus lourde pour les femmes. Misra *et al.* (2012) estiment que cette charge est plus lourde pour les professeurs racisés.

Le programme Georgina Sweet Fellowship constitue un exemple intéressant de soutien au mentorat. En plus du financement de la recherche, cette bourse comprend 20 000 $ AU par an pendant cinq ans destinés au mentorat et à la promotion des femmes en recherche. Les titulaires ont lancé diverses initiatives pour améliorer l'équité, y compris l'élaboration de la charte sur l'égalité SAGE en Australie (ARC, 2018a). Toutefois, Adkins et Dever (2015) craignent que l'importance accordée au mentorat dans ces types de bourses de recherche ne risque faire en sorte que les femmes se trouvent à déployer des efforts disproportionnés sur le front de l'EDI.

On pourrait observer une dynamique similaire dans le Programme de chaires pour les femmes en sciences et en génie (CFSG) du CRSNG. Ce programme a déjà été reconnu dans le cadre d'un examen international portant sur les pratiques exemplaires et prometteuses pour l'équité des genres en génie (Mody et Brainard, 2005). Les titulaires de ces chaires mènent diverses activités de sensibilisation et de mentorat à l'intention des femmes, notamment auprès des femmes autochtones (Croft *et al.*, 2012). Les intervenants considèrent généralement que ce programme offre un très bon rendement sur l'investissement (Whynot *et al.*, 2019). Cependant, les titulaires d'une CFSC consacrent la moitié de leur temps aux activités de leur programme. D'anciennes titulaires ont souligné avoir eu de la difficulté à maintenir leurs activités de recherche et leur réputation professionnelle (Williams *et al.*, 2002). Les exigences actuelles, selon lesquelles les titulaires d'une chaire doivent être dégagées d'une partie de leur charge d'enseignement et de leurs tâches administratives et obtenir un financement supplémentaire à l'intention des stagiaires postdoctoraux, ont peut-être allégé ce fardeau (CRSNG, 2020g).

En prenant en compte les services à la communauté universitaire ou les activités de sensibilisation du public dans les critères de financement (section 3.1), on pourrait établir des conditions équitables pour les chercheurs issus de groupes sous-représentés qui se trouvent à consacrer proportionnellement davantage de temps au mentorat ou à d'autres initiatives de promotion de la diversité pour surmonter les obstacles structurels. Les programmes de sensibilisation et de mentorat pour les membres de groupes sous-représentés ont plus de chances d'être efficaces s'ils sont combinés à d'autres stratégies visant à améliorer l'EDI, comme celles présentées dans la présente section.

3.3 Soutien de la recherche et des chercheurs autochtones

Dans certaines régions, la recherche et les chercheurs autochtones méritent une évaluation distincte. La recherche autochtone revêt une importance particulière au Canada en raison du passé colonial de notre pays et de son objectif de réconciliation avec les Autochtones (GC, 2019a). D'autres pays, comme l'Australie, le Danemark, les États-Unis, la Finlande, la Norvège, la Nouvelle-Zélande et la Suède, prennent en compte des facteurs semblables dans leur soutien à la recherche autochtone (Juutilainen et Heikkilä, 2016; Rios *et al.*, 2020). Dans la présente section, nous nous penchons donc sur les enjeux distincts mais interreliés des pressions individuelles exercées sur les chercheurs autochtones (qu'ils participent ou non à une recherche autochtone) et des considérations relatives au financement de la recherche autochtone (encadré 3.1), que les chercheurs autochtones soient ou non les chercheurs principaux. Le comité d'experts résume les principaux défis et approches prometteuses en se fondant sur des initiatives récentes, mais il souligne que ce type d'examen ne peut pas remplacer une collaboration étroite et continue avec les communautés et les chercheurs autochtones en vue de déterminer la façon d'adapter les pratiques de financement pour mieux servir ces communautés.

Encadré 3.1 Qu'est-ce que la recherche autochtone?

Selon Tuhiwai Smith (2018), la recherche autochtone consiste en « une recherche réalisée par des chercheurs autochtones, pour des chercheurs autochtones et avec les communautés autochtones » et « particulièrement une recherche qui exploite les connaissances autochtones, utilise les méthodes autochtones et vise à améliorer la vie des peuples autochtones » [traduction libre]. Cette recherche est centrée sur les perspectives et les communautés autochtones, mais elle peut également faire appel à des spécialistes non autochtones travaillant en collaboration avec des communautés autochtones (Pidgeon, 2019). L'analyse de la recherche autochtone porte en grande partie sur des travaux en sciences sociales ou en santé, mais la recherche autochtone est également menée dans des disciplines des sciences naturelles et du génie, comme l'écologie ou les changements environnementaux (Sjöberg *et al.*, 2018).

Des processus d'évaluation comportant de délais plus longs, de changements aux dépenses admissibles et une plus grande participation des communautés peuvent améliorer le soutien à la recherche autochtone.

La recherche autochtone est habituellement caractérisée par l'établissement de relations et la participation des communautés, ce qui nécessite des délais plus longs et davantage de travaux préliminaires que par rapport à la période de validité et aux jalons de financement standards d'une subvention habituelle (Weston *et al*., 2009; Gittelsohn *et al*., 2020). Les chercheurs qui prennent le temps de mobiliser les communautés autochtones et respectent la souveraineté des données autochtones peuvent éprouver des difficultés à constituer le dossier de publications attendu (Gewin, 2021). En outre, la participation des communautés nécessite des dépenses subventionnées qui sont souvent exclues des enveloppes de financement standards, comme le salaire du personnel de recherche des communautés (Gittelsohn *et al*., 2020; Williams *et al*., 2020), la nourriture servie lors des rencontres avec les membres des communautés autochtones conformément aux attentes culturelles (Gittelsohn *et al*., 2020) et la large diffusion des résultats de la recherche (Wong *et al*., 2020).

L'évaluation des projets de recherche autochtone proposés selon l'approche standard d'évaluation des méthodes, de l'éthique et des retombées peut présenter des difficultés. Il est parfois ardu d'expliquer les méthodes et les concepts autochtones aux pairs évaluateurs en anglais plutôt qu'en langue autochtone (Gifford et Boulton, 2007). L'Australie, le Canada, les États-Unis et la Nouvelle-Zélande ont élaboré des lignes directrices en matière d'éthique pour la recherche autochtone, ce qui semble avoir favorisé une meilleure compréhension que dans les pays nordiques où ce type de lignes directrices fait défaut (Juutilainen et Heikkilä, 2016; Sjölberg *et al*., 2018). Dans certains cas, les nations autochtones ont mis en place leurs propres lignes directrices concernant la recherche, comme la Stratégie nationale inuite sur la recherche (ITK, 2018). Ces pratiques (p. ex. restitution ou destruction de données) peuvent toutefois être incompatibles avec les exigences de financement (p. ex. partage de données) (Gittelsohn *et al*., 2020). L'évaluation de la pertinence sur le plan éthique repose sur une participation des communautés, aspect absent dans les comités d'évaluation classiques (Gifford et Boulton, 2007). De plus, la recherche autochtone priorise souvent les retombées pour les communautés locales plutôt que pour le grand public (Gifford et Boulton, 2007). Il est donc possible que les paramètres habituels ne reflètent pas son importance, ce qui a des conséquences négatives sur le plan du financement (Tuhiwai Smith, 2018). Selon des entrevues menées auprès des associés d'un organisme australien de financement de la recherche autochtone, l'évaluation par les pairs peut s'avérer utile aux fins de la rétroaction, mais l'octroi

de financement par voie de concours est contraire à la nature particulièrement collaborative de la recherche autochtone (Street *et al*., 2009).

Dans le cadre des programmes standards, on pourrait modifier la politique relative aux délais ou aux dépenses admissibles pour mieux prendre en compte les exigences de la recherche autochtone (Moore *et al*., 2017). Des comités distincts peuvent être nécessaires pour évaluer adéquatement la recherche autochtone, comme ceux utilisés au sein du National Health and Medical Research Council d'Australie (Knight *et al*., 2009; NHMRC, 2018). Les organismes subventionnaires peuvent en arriver à mieux comprendre les délais à prévoir en siégeant à des conseils consultatifs sur la recherche (Adams et Faulkhead, 2012). La participation des communautés autochtones à l'évaluation des demandes de subvention ou aux conseils consultatifs en sur la recherche présente également des avantages, mais sa mise en œuvre peut poser problème pour diverses raisons – questions concernant les perspectives à prendre en compte, possibilité que les chercheurs créent des conseils consultatifs dysfonctionnels simplement pour répondre aux exigences de financement et difficulté d'éviter les conflits d'intérêts lorsque le bassin de spécialistes est limité (Street *et al*., 2009; Adams et Faulkhead, 2012; Gittelsohn *et al*., 2020).

Les chercheurs et la recherche autochtones sont soutenus de façon plus efficace par du financement distinct.

Les organismes soutiennent parfois les chercheurs autochtones par l'entremise de programmes de financement ciblés, comme ceux dont il a été question à la section 3.2. Le programme Discovery Indigenous offert par l'ARC, qui finance des projets menés par des chercheurs autochtones, a reçu des évaluations généralement positives (ARC, 2018b). De même, le programme SAMISK du RCN met l'accent sur les questions liées aux Samis, comme la recherche climatique et environnementale et recrute des chercheurs samis (Forskningsradet, s.d.). Toutefois, les exigences superficielles concernant la participation des Autochtones aux demandes de subvention peuvent encourager la prise de mesures purement symboliques. Il est important que les projets de recherche autochtone prennent en compte les perspectives autochtones et fassent appel à des chercheurs autochtones à chaque étape, depuis le développement du projet jusqu'à la publication en passant par l'analyse de données (Gewin, 2021).

Un soutien personnalisé est également bénéfique dans le cas des chercheurs autochtones. Par exemple, ces chercheurs doivent parfois trouver un équilibre entre les attentes de l'organisme subventionnaire et leurs responsabilités envers les communautés (Gewin, 2021). Les chercheurs qui ne répondent pas aux attentes des organismes subventionnaires doivent parfois quitter le milieu universitaire. Par ailleurs, si les chercheurs ne répondent pas aux attentes des communautés, ils pourraient avoir de la difficulté à les encourager à participer à la recherche

(Gifford et Boulton, 2007). Les programmes de mentorat comme le Native Investigator Development Program (encadré 3.2) sont susceptibles d'être particulièrement avantageux pour les étudiants et les stagiaires postdoctoraux autochtones (Manson *et al.*, 2006). Il serait en outre bénéfique de fournir un soutien pour le réseautage des chercheurs et des communautés autochtones (Sjölberg *et al.*, 2018). Par exemple, le groupe de réseautage des étudiants, des stagiaires postdoctoraux et des chercheurs en début de carrière NorrSam a facilité l'établissement de relations entre les chercheurs autochtones et les communautés samies, apportant ainsi une contribution positive à la recherche autochtone en Suède (Drugge, 2016). De façon plus générale, le soutien aux CDC aide à fidéliser les chercheurs autochtones qui entament leur carrière (Gewin, 2021).

Les groupes de recherche communautaires contribuent grandement à la recherche autochtone, mais ils peinent à rivaliser avec les grandes universités pour le financement (Gifford et Boulton, 2007). Un soutien accru à la recherche dans les universités rurales des communautés autochtones améliore l'accès dans l'ensemble et appuie les chercheurs autochtones qui souhaitent renforcer les capacités locales plutôt que d'occuper un poste de professeur dans une université à l'extérieur de leur communauté (Gittelsohn *et al.*, 2020). Aux États-Unis, les Tribal Colleges and Universities (encadré 3.2) contribuent à promouvoir cette pratique. De plus, s'ils sont assortis de critères spéciaux et mettent l'accent sur une vaste participation, les programmes voués au soutien à la recherche menée dans les communautés peuvent être mieux outillés que les programmes de financement standards pour soutenir la recherche autochtone (Gifford et Boulton, 2007). En général, la recherche autochtone bénéficie d'un financement soutenu des équipes et des centres de recherche autochtones dans les communautés qui donnent une rétroaction sur la recherche autochtone et servent de carrefours de réseautage international (Tuhiwai Smith, 2018; Gittelsohn *et al.*, 2020).

Encadré 3.2 Native American Research Centers for Health (NARCH) et Native Investigator Development Program

Le programme des NARCH compte parmi ceux qui fournissent aux organisations, aux communautés et aux chercheurs autochtones un financement distinct pour la recherche. Ce programme, administré par les NIH et le Indian Health Service, verse des fonds aux tribus, aux organisations tribales et aux partenaires collégiaux et universitaires amérindiens dans le but non seulement de financer directement la recherche au bénéfice de ces communautés, mais aussi d'accroître la capacité de recherche, d'améliorer les collaborations et de soutenir les chercheurs autochtones. Dans le cadre de ce programme, les NARCH accordent un financement en partie aux Tribal Colleges and Universities. Ces établissements accueillent les étudiants autochtones vivant dans les réserves, lesquels sont autrement géographiquement isolés (Gittelsohn *et al.*, 2020).

Les NARCH administrent également le Native Investigator Development Program, qui offre un perfectionnement professionnel aux chercheurs postdoctoraux autochtones. Ce programme combine l'enseignement portant sur des méthodes de recherche quantitative et qualitative avec un mentorat offert par des chercheurs autochtones reconnus et des chercheurs qui prennent part à de la recherche interculturelle. Une aide salariale de 35 % est accordée aux participants pour leur permettre de participer aux activités du programme. Selon une évaluation de ce programme, il augmenterait le niveau de compétences des participants. Au cours des 6 premières années, 10 diplômés ont rédigé 57 articles et obtenu 12 subventions des NIH (Manson *et al.*, 2006).

4

Soutien de la recherche interdisciplinaire, à haut risque et réactive

Constatations du chapitre

- La communauté scientifique estime que les processus traditionnels de présentation et d'évaluation des demandes de subvention sont efficaces pour la recherche réalisée à l'intérieur des disciplines habituelles. Par contre, ces processus s'avèrent souvent insuffisants pour la recherche interdisciplinaire et à haut risque en raison de la difficulté d'organiser l'expertise appropriée de façon interactive.
- Les changements apportés aux pratiques de financement standards sont bénéfiques à plusieurs étapes de la recherche multidisciplinaire et interdisciplinaire. Parmi ces changements, mentionnons le soutien au réseautage et à la collaboration, les appels de propositions minutieusement adaptés, les adaptations aux structures organisationnelles et aux processus d'évaluation en place, les cadres généraux comme les « Grands Défis », et le soutien continu au titre des réunions et de la collaboration.
- Les projets à haut risque reposent sur la créativité des chercheurs. Les subventions flexibles à long terme encouragent la prise de risques, tout en laissant la place à une plus grande réactivité aux événements extérieurs. Les organismes subventionnaires peuvent également organiser des initiatives stratégiques à long terme afin de fournir un soutien pour les propositions à haut risque portant sur certains thèmes. Les approches expérimentales en conception de concours, y compris les propositions abrégées et les évaluations en double aveugle, donnent aussi des résultats prometteurs qui encouragent la créativité et la prise de risques.
- Afin d'augmenter la flexibilité et la réactivité de leur portefeuille, les organismes subventionnaires peuvent réserver des ressources afin de fournir du soutien rapide ou utiliser des cycles de demande continus. Les instruments de financement de la recherche transdisciplinaire peuvent également améliorer la réactivité au contexte social en obligeant les équipes à préciser les bénéficiaires ciblés par le programme de recherche et en reconnaissant les résultats autres que les publications ayant un fort impact.

Les organismes de financement de la recherche appuient un large éventail de travaux scientifiques, ce qui reflète à la fois les intérêts de recherche variés des candidats et les pressions et tendances sociales générales au sein de leur collectivité. La recherche fondamentale, qui se fait souvent dans une seule discipline, est la pierre angulaire de l'environnement des sciences naturelles et du génie et demeure une priorité centrale pour les organismes subventionnaires. Toutefois, les outils et les connaissances relevant d'une seule discipline ne permettent pas de répondre à certaines questions (Mazzochi, 2019). En plus d'examiner les questions scientifiques fondamentales, à l'heure actuelle on s'attend à ce que la recherche soit en interaction continue avec le milieu d'innovation et de technologies et qu'elle réponde également aux besoins sociétaux (Mejlgaard et Aagaard, 2017). Les progrès technologiques ont fait en sorte que la main-d'œuvre scientifique est de plus en plus connectée, ce qui rapproche les chercheurs et ouvre la voie à de nouveaux domaines d'étude. Les chercheurs continuent de se spécialiser toujours davantage, tout en se tournant souvent vers des questions qui sont proches ou en dehors de leur domaine de spécialisation. Les problèmes scientifiques et les questions de recherche qui découlent de ces tendances sont souvent trop complexes pour qu'un seul chercheur d'une seule discipline puisse s'y attaquer (Mazzocchi, 2019).

De façon générale, la communauté scientifique s'entend pour dire que les processus traditionnels de présentation et d'évaluation des demandes de subvention fonctionnent bien pour les recherches réalisées dans une seule discipline. Toutefois, pour d'autres types de recherche, ces processus sont la plupart du temps perçus comme insuffisants, notamment en raison de la difficulté d'organiser l'expertise appropriée de manière interactive. La recherche interdisciplinaire et multidisciplinaire nécessite habituellement l'abandon des processus standards ou l'adoption de mécanismes de financement distincts pour s'adapter aux multiples milieux disciplinaires de recherche, ayant des pratiques, des cultures et des besoins différents. De plus, la recherche à haut risque peut contraindre les organismes à adopter des mesures particulières pour remédier à un préjugé inhérent favorable au conservatisme dans les programmes de financement standards, lequel est amplifié lorsque le taux de réussite des candidats est faible. Enfin, des situations inattendues – un événement mondial comme une pandémie ou bien une percée importante en recherche – obligent souvent les organismes subventionnaires à faire preuve d'une flexibilité qui transcende leurs activités et leurs programmes habituels. Dans le présent chapitre, nous explorons donc les types de stratégies et de pratiques adoptées par les organismes subventionnaires dans les domaines de recherche où les pratiques standards se sont révélées inadéquates.

4.1 Soutien de la recherche multidisciplinaire et interdisciplinaire

Pour les organismes de financement de la recherche en sciences naturelles et en génie (SNG), la combinaison d'une multiplicité de chercheurs et d'une multiplicité de disciplines pose des difficultés à plusieurs étapes du cycle de financement[25]. Les partenaires de recherche doivent d'abord renoncer à leur cloisonnement disciplinaire et se regrouper pour envisager des projets qui combinent ou intègrent leurs disciplines respectives. Les propositions en découlant doivent alors être évaluées et comparées les unes avec les autres dans le cadre d'un concours, mais les évaluateurs d'un domaine sont souvent mal outillés pour juger de la qualité des propositions ou des candidats d'autres disciplines que la leur. Les partenariats de recherche multidisciplinaires et interdisciplinaires peuvent nécessiter d'autres formes de soutien pour assurer leur réussite. Enfin, l'évaluation des résultats de cette recherche peut également contrecarrer les processus conçus pour les projets unidisciplinaires, comme la normalisation des données sur les citations selon le domaine de recherche (Mazzocchi, 2019).

Les organismes subventionnaires peuvent encourager l'établissement de partenariats multidisciplinaires en appuyant le réseautage.

La proximité facilite l'établissement de collaborations et favorise leur efficacité. Ainsi, les conférences et les réunions fournissent aux chercheurs de diverses disciplines des possibilités d'échanger des idées et de former de nouveaux liens (Hall *et al.*, 2018). La promotion du réseautage est particulièrement pertinente pour les travaux interdisciplinaires, où le milieu et les réseaux de la recherche ne sont pas définis *a priori* (Bridle *et al.*, 2013; Bammer, 2016). En favorisant une plus grande connectivité dans le réseau de la recherche, les organismes de financement de la recherche en SNG peuvent contribuer à stimuler l'établissement de nouveaux partenariats aptes à poser des questions de recherche novatrices. À grande échelle, les instituts Kavli constituent un exemple de renforcement de capacités multidisciplinaires et interdisciplinaires grâce à un soutien institutionnel accordé par un organisme subventionnaire dans le but de créer de nouveaux réseaux. Ces instituts de recherche sont orientés en fonction de thèmes généraux qui couvrent plusieurs disciplines (p. ex. nanoscience) et regroupent des chercheurs d'horizons disciplinaires variés. Ces centres sont répartis à l'échelle mondiale dans des

25 Les observations formulées dans la présente section concernent généralement à la fois la recherche multidisciplinaire et interdisciplinaire. La recherche *multidisciplinaire* tire profit de techniques ou de connaissances issues de plusieurs disciplines pour répondre à une question précise, mais elle ne va habituellement pas jusqu'à intégrer ces disciplines. On considère que la recherche *interdisciplinaire* permet une compréhension globale de problèmes de recherche complexes en se fondant sur des approches intégratives visant à combiner la connaissance des méthodes propres à différentes disciplines (Wagner *et al.*, 2011).

établissements d'enseignement supérieurs (Kavli Foundation, 2020a). La Kavli Foundation organise également une série de réunions et de conférences visant à encourager l'établissement de réseaux supplémentaires (Kavli Foundation, 2020b).

À plus petite échelle, les organismes de certains pays soutiennent le développement de réseaux en mettant en place des lieux de réunion ou des instituts conçus expressément pour accueillir les ateliers scientifiques et les écoles d'été. Le Telluride Science Research Center, aux États-Unis, le Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual, en Espagne, et le Lorentz Center, aux Pays-Bas, sont trois centres qui profitent d'ententes de soutien à long terme avec des organismes de financement de la recherche en SNG pour organiser des événements consacrés aux activités de recherche tout au long de l'année (CCBPP, 2020; Lorentz Center, 2020b; TSRC, 2020). Ces événements sont financés au moyen de propositions présentées à l'externe ou lancés par les organismes subventionnaires eux-mêmes dans le cadre d'initiatives stratégiques (CCBPP, s.d.; Lorentz Center, s.d.; TSRC, s.d.). La mission de base du Lorentz Center consiste à créer de nouvelles collaborations. Selon une évaluation externe extrêmement positive dont a fait l'objet ce centre en 2020, le modèle qu'il utilise pour accueillir de petits ateliers (jusqu'à 55 participants) animés par des employés professionnels qui ne sont pas des scientifiques est efficace pour établir des liens entre les disciplines (Lorentz Center, 2020a).

En outre, les organismes subventionnaires peuvent intégrer directement le réseautage à leurs concours. Le programme Idélab du Research Council of Norway (RCN) illustre bien cette approche. Cette initiative lancée en 2014 vise à rassembler des chercheurs issus de différents domaines pour relever un défi de recherche de grande envergure (Maxwell et Benneworth, 2018). Dans le cadre de ce programme, les 30 candidats retenus d'horizons variés ont représenté leur domaine dans le cadre d'un exercice de type « bac à sable » d'une durée d'une semaine. Répartis en deux équipes, les participants ont pris part à des séances de *brainstorming* et rédigé des propositions. Pour faciliter le processus, le RCN a fourni un soutien financier et du personnel (Maxwell et Benneworth, 2018). Malgré le nombre peu élevé de participants et de propositions financées, le programme a permis d'influer sur le comportement des chercheurs participants en les rendant plus réceptifs aux questions de recherche à l'extérieur de leur domaine d'expertise immédiat et en les préparant à mieux se pencher sur ce type de questions avec des partenaires issus d'autres disciplines. En ce sens, le programme a permis de renforcer la capacité en matière de recherche multidisciplinaire.

La non-utilisation de la terminologie propre à une discipline dans les appels de propositions, ainsi que la sollicitation de renseignements sur la collaboration et une définition claire des objectifs peuvent améliorer les résultats des démarches multidisciplinaires.

De nombreuses questions de recherche ne sont pas adaptées à une approche multidisciplinaire ou interdisciplinaire. Pour celles qui le sont, la structuration minutieuse des appels de propositions augmente les chances que les candidats ciblent le bon programme. Dans les programmes de financement réservés à ce type de recherche, il est utile de prioriser les propositions où la collaboration multidisciplinaire est indispensable plutôt que simplement avantageuse (National Research Council, 2015). Si l'organisme subventionnaire oblige les candidats à justifier la pertinence de leur proposition à cet égard, il peut éviter la présentation de propositions qui conviennent mieux à d'autres programmes ou dans lesquelles la combinaison de disciplines vise uniquement à cocher des cases (Shahin *et al.*, 2014).

La formulation des appels de propositions peut aussi aider à indiquer clairement si les perspectives de plusieurs disciplines doivent être combinées de manière cumulative (multidisciplinaire) ou intégrative (interdisciplinaire)[26]. Un peu de la même manière, les organismes de financement de la recherche en SNG pourraient concevoir les propositions de manière à inviter les candidats à préciser les détails de leur collaboration (National Research Council, 2015). Il peut s'agir de définir le rôle des participants, les résultats éventuels ou encore le degré d'intégration des disciplines tout au long du cycle de vie du projet (National Research Council, 2015). Le caractère approprié d'une approche multidisciplinaire ou interdisciplinaire doit se refléter dans la question de recherche proposée par les candidats. Les pairs évaluateurs devront éventuellement examiner ce critère et la pertinence des partenaires proposés (Bammer, 2016).

Le programme de subventions de synergie du Conseil européen de la recherche (ERC) exploite cette stratégie (ERC, 2020b). Des lignes directrices transmises aux candidats avant la publication de l'appel de propositions les invitent à identifier leurs partenaires, à justifier leur participation à la demande et à commencer la rédaction d'une question de recherche suffisamment intégrative. Les demandes acceptées sont évaluées en fonction du potentiel synergique inhérent d'une équipe de même que de l'excellence en recherche. Les titulaires reçoivent des fonds dans le cadre des coûts de démarrage pour le déménagement des chercheurs principaux (ERC, 2020b).

26 Voir les analyses supplémentaires des méthodes permettant de mesurer l'approche multidisciplinaire et interdisciplinaire dans Wagner *et al.* (2011), Campbell *et al.* (2015), et Adams *et al.* (2016).

Les Grands Défis peuvent servir de cadres directifs pour favoriser l'établissement de partenariats novateurs chargés de s'attaquer à des problèmes vastes.

En plus d'exploiter la créativité des collaborateurs qui proposent de nouveaux domaines dans le cadre de programmes de financement de la recherche spéculative, les organismes subventionnaires peuvent aussi définir des initiatives stratégiques portant sur des thèmes généraux pour orienter les candidats éventuels (Commission européenne, 2012a; PCSAT, 2014). Le programme-cadre Horizon 2020 de la Commission européenne a déterminé des défis sociétaux correspondant à six domaines de recherche qui devraient avoir une incidence sur la société (Commission européenne, 2011). De même, de nombreuses fondations ont adopté les cadres des Grands Défis dans le contexte d'initiatives transversales ayant le potentiel de couvrir une multitude de disciplines et de secteurs (Global Grand Challenges, 2020; Grands Défis Canada, s.d.). La portée et les objectifs varient d'un programme à l'autre. Toutefois, en ce qui concerne la National Nanotechnology Initiative aux États-Unis, le President's Council of Advisors on Science and Technology a proposé des paramètres selon lesquels le cadre doit ancrer l'initiative dans une trame captivante et « prévoir un effort orienté vers l'extérieur dans la poursuite d'un objectif précis et mesurable » [traduction libre] afin d'attirer des acteurs de plusieurs disciplines et secteurs. Ce type d'initiative doit avoir une finalité déterminée et, par conséquent, une durée de vie implicite, tout en était assorti d'un engagement à atteindre des jalons mesurables. Les ressources requises pour résoudre ces problèmes sont parfois inconnues au départ et trop considérables pour être fournies par un petit nombre de chercheurs ou d'établissements (PCAST, 2014).

Les cadres généraux comme les Grands Défis et les concours de financement connexes visent à soutenir des projets aux facettes multiples conçus conjointement par plusieurs candidats. De ce fait, l'appel de propositions devrait aussi être conçu de façon conjointe et ne pas utiliser une terminologie propre à une seule discipline dominante (Shahin *et al.*, 2014). Dans une étude de la Commission européenne sur les interactions entre plusieurs disciplines dans l'Agenda numérique pour l'Europe d'Horizon 2020, Shahin *et al.* (2014) avancent que la participation de chercheurs en sciences sociales et en sciences humaines à l'élaboration des appels de propositions encourage les contributions de ces disciplines en particulier. Par exemple, Horizon 2020 a été critiqué pour avoir intégré de manière superficielle la recherche en

sciences humaines à certains projets en déterminant que le rôle de ces disciplines consistait à « comprendre les réactions humaines à de nouvelles interventions technologiques » [traduction libre], si bien que cette recherche se trouvait subordonnée aux travaux en SNG (Maxwell et Benneworth, 2018). En revanche, le programme Idélab – dont il a été question précédemment – a surmonté le problème en permettant aux chercheurs partenaires de participer ensembles à leurs recherches dès le départ en vertu du modèle d'atelier retenu pour ce concours. Shahin *et al.* (2014) citent d'autres exemples de possibilités d'interaction hâtive dans des concours plus classiques, comme des activités de démarrage ou un soutien pour les séjours de recherche aux étapes de conception des projets.

Les organismes de financement adaptent actuellement les pratiques en place pour appuyer la recherche multidisciplinaire et interdisciplinaire de différentes façons en fonction du contexte local.

Après avoir créé un environnement axé sur une étroite collaboration entre les disciplines et élaboré des programmes pour stimuler l'établissement de partenariats novateurs, les organismes subventionnaires doivent évaluer les propositions les unes par rapport aux autres dans le cadre des concours. En raison de la logistique entourant la mise sur pied de groupes d'évaluation dont la composition est adéquate, les propositions qui combinent plusieurs disciplines remettent en question l'évaluation par les pairs traditionnelle (National Research Council, 2015). La mesure dans laquelle celle-ci défavorise les propositions de recherche interdisciplinaire n'a pas été déterminée de façon concluante (Bromham *et al.*, 2016; Guthrie *et al.*, 2018). Elle peut varier selon les combinaisons de disciplines et la « distance » entre les disciplines entrant en jeu dans le cadre des partenariats (Bromham *et al.*, 2016). Toutefois, les données probantes corroborant la conclusion selon laquelle les collaborations entre certaines paires particulières de disciplines présentent des avantages ou des handicaps d'une manière systématique sont également limitées (DFG, 2018)[27]. Certains soutiennent plutôt que les comités d'évaluation dont les membres sont issus de nombreuses disciplines peuvent en fait être avantageux, car les perspectives différentes des membres leur permettent d'évaluer plus facilement la valeur d'une recherche novatrice, ce qui réduit le risque de pensée de groupe (van Arensbergen *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2017).

27 La German Research Foundation (DFG) peut compter sur un bassin de 600 chercheurs, élus par leurs pairs pour un mandat de quatre ans, qui sont chargés d'évaluer les demandes de subvention. Une analyse de plus de 30 000 propositions présentées à la DFG n'a révélé aucune preuve manifeste de corrélation entre le taux de réussite et l'interdisciplinarité des membres des comités d'évaluation (DFG, 2018). Selon l'analyse, à l'échelle des concours individuels, certaines paires de disciplines ont mené à un taux de réussite plus élevé dans certains cas et plus faible dans d'autres. Toutefois, ces tendances ne se sont pas reproduites uniformément dans les années suivantes, ce qui semble indiquer que les risques associés aux comités interdisciplinaires pourraient avoir été exagérés (DFG, 2018).

Les approches adoptées par les organismes de financement pour soutenir la recherche multidisciplinaire varient grandement. Dans certains pays, les organismes subventionnaires ont opté pour une méthode pluraliste en mettant en œuvre des programmes réservés aux propositions qui combinent plus d'une discipline; ailleurs, ils ont adopté l'approche inverse en rationalisant leur portefeuille et en modifiant les programmes en place (Janger *et al.*, 2019). Cette observation a refait surface pendant la conversation du comité d'experts avec des spécialistes externes, lesquels ont souligné que le contexte local et le paysage du financement avaient joué un rôle important dans la définition de l'approche adoptée pour le traitement et l'évaluation des propositions. En 2009, le CRSNG a introduit le « modèle de conférence » pour adapter son système d'évaluation des propositions par les pairs à la collaboration multidisciplinaire et interdisciplinaire accrue (CRSNG, 2014). Il a restructuré ses comités de sélection des subventions de façon à mettre sur pied 12 groupes d'évaluation possédant une expertise spécialisée plus vaste par rapport aux comités auparavant en place. Les évaluateurs concernés étaient d'accord avec la nouvelle approche adoptée pour le traitement des propositions multidisciplinaires (CRSNG, 2014). Lorsque le contenu d'une proposition est trop vaste pour un groupe d'évaluation donné, celui-ci peut faire appel à un ou à plusieurs autres groupes pour réaliser une évaluation conjointe. Concrètement, cette mesure est rarement nécessaire dans la nouvelle formule (CRSNG, 2014)[28].

Les programmes efficaces qui appuient les projets de recherche combinant plusieurs disciplines sont caractérisés par des réunions fréquentes et un soutien à l'établissement de relations.

Les collaborateurs au sein d'une équipe interdisciplinaire donnée ne vivent pas forcément tous dans la même région, donc il est utile de fournir aux chercheurs des occasions de faire du réseautage ou de se trouver temporairement au même endroit pour nouer les relations nécessaires au maintien de collaborations productives (Bridle *et al.*, 2013; Shahin *et al.*, 2014). Un examen récent de la collaboration scientifique soulignait l'importance de l'établissement de relations et d'un climat de confiance au sein des équipes, même celles évoluant dans une seule discipline (Hall *et al.*, 2018). Les travaux interdisciplinaires comportent un obstacle culturel supplémentaire, car le milieu de la recherche de chaque discipline a une terminologie, des méthodes et des pratiques de publication qui lui sont propres (Shahin *et al.*, 2014).

28 De 2010 à 2013, seulement 2,7 % des évaluateurs des demandes de subventions à la découverte en sciences physiques étaient issus d'autres groupes d'évaluation (CRSNG, 2014).

Les organismes de financement de la recherche en SNG ont exploré divers moyens de bâtir des relations et de surmonter les obstacles entre les collaborateurs potentiels issus de disciplines variées. Aux États-Unis, la Defence Advanced Research Projects Agency (DARPA) soutient activement la recherche multidisciplinaire et interdisciplinaire. Un élément important de son modèle de financement est l'accent mis sur les réunions dans le cadre du programme, qui permettent aux participants d'établir et de maintenir de nouvelles relations avec des chercheurs d'autres disciplines (Piore *et al.*, 2019). Le modèle de la DARPA fonctionne bien, mais il est difficile de le reproduire ailleurs, en partie parce que d'autres organismes ne disposent pas de ressources aussi considérables. En effet, le budget de chaque programme de trois à cinq ans se chiffre en dizaines de millions de dollars américains (Windham et Van Atta, 2019; Editorial, 2020). À plus petite échelle, l'affectation de ressources en fonction de « budgets flottants » destinés aux occasions non structurées (et structurées) d'interactions a été recommandée à titre de pratique prometteuse pour soutenir les partenariats multidisciplinaires et interdisciplinaires financés par l'entremise de l'Agenda numérique pour l'Europe d'Horizon 2020 (Shahin *et al.*, 2014). Au pays, l'Institut canadien de recherches avancées (CIFAR) utilise quant à lui une approche fondée sur un modèle de regroupement virtuel plutôt que physique (ISDE, 2017b). Les chercheurs individuels demeurent dans leur établissement d'accueil, mais les programmes donnent lieu à plusieurs réunions et occasions de réseautage en personne. La majorité des membres des programmes du CIFAR qui ont répondu à un sondage estiment que les réunions et les activités collaboratives des programmes ont fortement contribué à rendre possibles d'importantes réalisations en recherche (Meier et Santiago, 2015).

Les organismes subventionnaires peuvent tirer profit de nouvelles techniques et sources de données pour concevoir des interventions visant à établir et à soutenir des collaborations novatrices.

Les réseaux en place au sein des départements, des établissements ou des disciplines facilitent l'établissement de partenariats. En outre, on observe dans le milieu des sciences naturelles et du génie une tendance au renforcement des collaborations (Dahlander et McFarland, 2013; Sciabolazza *et al.*, 2020). Par exemple, dans le processus d'évaluation des propositions, on peut parfois juger de la qualité d'une équipe du fait que ses membres ont déjà publié ensemble, ce qui constitue un avantage pour les collaborations établies (Bammer, 2016). Il s'ensuit un risque de dépendance vis-à-vis du cheminement, où les chercheurs évitent d'établir de nouveaux partenariats pour se pencher en collaboration avec des partenaires connus sur des questions de recherche qu'ils connaissent (Dahlander et McFarland, 2013; Sciabolazza *et al.*, 2020). Vu les obstacles à surmonter, il est essentiel de soutenir les collaborations multidisciplinaires et interdisciplinaires

à long terme qui se sont révélées fructueuses. Toutefois, les modes de financement qui encouragent l'établissement de nouveaux partenariats multidisciplinaires et interdisciplinaires non éprouvés sont également importants.

Certains programmes, comme le celui des Research Grants du portefeuille de le International Human Frontier Science Program Organization (HFSPO), exigent des collaborations novatrices dans le cadre de leurs appels de propositions, mais cette pratique est considérée comme trop stricte par certains titulaires et évaluateurs du programme (Campbell, 2018). Les organismes subventionnaires disposent d'autres outils que la modification des exigences des programmes pour faciliter la création de nouveaux liens. L'analyse en réseau des données sur les publications et les subventions peut donner un aperçu d'un paysage de recherche donné afin de prédire les collaborations potentielles. Dans un programme pilote financé par l'Université de la Floride, ce type d'analyse a été utilisé pour repérer des milieux de recherche et, par la suite, des partenaires potentiels, en vue d'établir de nouveaux liens de collaboration qui auraient eu peu de chances de se former naturellement (Sciabolazza *et al.*, 2020)[29]. Les duos de chercheurs sélectionnés étaient invités à se rencontrer et à présenter une lettre d'intention décrivant la nature de leur collaboration. Ces lettres ont ensuite été soumises à une évaluation par les pairs, après quoi les auteurs des lettres les mieux classées ont été invités à présenter une proposition en vue d'un processus d'évaluation accéléré (Sciabolazza *et al.*, 2020). De même, la Research Corporation for Science Advancement organise depuis 2010 des séances de dialogue scientifique (Scialog) en collaboration avec d'autres organisations partenaires (Michelson, 2020). Après avoir déterminé un thème général pour la séance, les organisateurs sélectionnent 50 chercheurs en début de carrière qui participeront à un atelier où l'on établira de nouveaux partenariats multidisciplinaires, en partie au moyen d'exercices de réseautage fondés sur l'analyse de données (Wiener et Ronco, 2019). À la fin de la séance, les nouveaux partenaires rédigent une proposition sur place, et suivant une évaluation, les propositions les plus prometteuses obtiennent du financement pour des projets conçus pendant l'atelier (Wiener et Ronco, 2019).

Selon ces approches, l'organisme subventionnaire intervient dans le réseau de recherche pour promouvoir la présentation de propositions émanant de nouvelles combinaisons de chercheurs et portant sur des sujets novateurs. Certaines fondations ont exploré d'autres modes d'intervention en réseau novateurs qui

29 Étant donné que l'algorithme employé pourrait établir des partenariats fondamentalement irréalistes, les auteurs de l'étude ont ciblé des duos de chercheurs qui avaient déjà travaillé avec les mêmes collaborateurs (Sciabolazza *et al.*, 2020).

leur ont permis de définir de nouveaux domaines de recherche sur lesquels fonder leurs cadres stratégiques (Michelson, 2020). Par exemple, la Rockefeller Foundation a mis en place le réseau Searchlight (de 2009 à 2014) à titre d'exercice prévisionnel, dans le cadre duquel les organisations participantes lui transmettaient des rapports périodiques sur les tendances et les développements locaux. La Fondation a analysé ces renseignements, qui s'appuient sur des expertises et points de vue variés, pour cerner les tendances qui pourraient guider ses activités de financement et l'orienter vers des domaines stimulants et prometteurs de portée internationale et interdisciplinaire (Michelson, 2020).

Les exigences de cofinancement peuvent faciliter l'établissement de partenariats interdisciplinaires et intersectoriels, mais risquent par ailleurs d'accroître l'inefficacité et les inégalités.

Les projets qui combinent plusieurs disciplines ciblent parfois des sujets qui chevauchent le mandat scientifique de plus d'un organisme. Il en va de même pour d'autres formes de recherche collaborative, par exemple celle faisant intervenir plusieurs organismes subventionnaires internationaux, grandes installations à utilisateurs multiples ou partenaires industriels. Les exigences de cofinancement ou de partage des coûts sont pratique courante dans les efforts déployés pour relever ce défi (OCDE, 2018d). Par exemple, les thèmes des séances Scialog correspondent à de vastes sujets qui peuvent être définis de façon générale et pertinents pour plusieurs organismes. Ainsi, des fondations ont parfois coparrainé des séances en fonction de leurs intérêts communs et cofinancé un grand nombre des projets en découlant (Michelson, 2020). Le partage des coûts peut être efficace pour les concours thématiques, mais poser des défis dans le cadre d'une recherche ascendante, notamment pour déterminer de quelle manière les parties à une entente multilatérale doivent financer la recherche avant de tenir des concours (Degelsegger-Marquéz *et al.*, 2017). Sinon, la responsabilité de définir le mode de cofinancement peut incomber aux candidats répondant à un appel de propositions donné, ce qui permet aux chercheurs d'obtenir des promesses de fonds de contrepartie auprès de partenaires institutionnels ou externes. Cette approche offre un moyen de tirer profit de fonds publics limités, d'établir de nouveaux partenariats et d'inciter l'industrie à prendre part à la recherche (Institute of Medicine, 2004; Mervis, 2007; NSB, 2009).

Toutefois, les exigences de cofinancement comportent aussi des risques et des inconvénients. La NSF a révisé deux fois ses politiques de partage de coûts pendant les années 2000 (les abolissant d'abord complètement en 2004) après que des préoccupations eurent été soulevées à l'égard d'une pratique problématique sur le plan de l'équité (Mervis, 2007; NSB, 2009; NSF, 2020c). Ces exigences sont avantageuses pour les établissements disposant de vastes ressources et les chercheurs ayant un bon réseau (Tyers *et al.*, 2005; Mervis, 2007), mais les chercheurs en début de carrière et ceux issus de groupes sous-représentés peuvent être défavorisés en raison de leur réseau limité. De même, dans le cadre du financement de programmes qui appuient des collaborations avec des partenaires industriels, il se peut que les petites entreprises et les entreprises en démarrage ne retirent pas le même avantage ou ne participent pas dans la même mesure que celles de plus grande taille en raison de leurs ressources limitées. La NSF restreint maintenant à quelques programmes scientifiques la pratique consistant à exiger un engagement en matière de partage des coûts comme critère d'admissibilité pour les demandes de financement. Le cas échéant, l'exigence est déterminée en fonction d'un ensemble de lignes directrices, par exemple la pratique doit être essentielle aux objectifs du programme (NSB, 2009; NSF, 2020c). Dans le même ordre d'idées, des exigences variables en matière de partage des coûts ont émergé dans les partenariats de recherche soutenus par les subventions Alliance du CRSNG afin de tenir compte du fait que la taille et le type de partenaires industriels externes jouent un rôle dans leur capacité à fournir des fonds de contrepartie (CRSNG, 2020i). Du point de vue du comité d'experts, la pratique consistant à exiger un cofinancement peut être prometteuse lorsqu'elle est utilisée prudemment. Il est cependant préférable de faire du cofinancement obligatoire « l'exception et non la règle » pour éviter d'imposer aux chercheurs des obstacles trop restrictifs et de les détourner de certaines idées prometteuses en raison du levier financier limité dans leurs réseaux (Feller, 2000; NSB, 2009).

4.2 Soutien de la recherche à haut risque et à haut rendement

L'un des principaux objectifs des organismes de financement de la recherche en SNG consiste à soutenir les travaux qui pourraient mener à des avancées majeures sur les plans des connaissances scientifiques et de la technologie. Les résultats de la recherche sont inconnus *a priori* et les processus de concours employés pour sélectionner les propositions doivent à la fois composer avec le risque qui se

présente sous plusieurs formes – et tenter de le limiter. Du point de vue de l'organisme subventionnaire, les retombées potentielles d'une proposition et la probabilité qu'elles se concrétisent sont deux facteurs souvent concurrents qui contribuent au risque. De leur côté, dans l'espoir d'améliorer leurs chances de recevoir des fonds, les chercheurs se sentent parfois obligés de proposer des projets de recherche plus réalisables où la probabilité de réussite est haute mais offrant des retombées potentielles plus modestes (Sinkjær, 2018). Il arrive que les propositions au potentiel transformateur mais cependant inconnu ne soient pas financées ou même rédigées en raison de la volonté des organismes subventionnaires et des candidats d'atténuer les risques. Les longs retards associés aux répercussions des travaux révolutionnaires rendent la question encore plus complexe (Wang *et al.*, 2017). Les organismes subventionnaires prennent ces risques en compte lorsqu'ils allouent des fonds pour la recherche. Ils peuvent ajuster le niveau de risque au moyen de divers aspects de la structure du programme, par exemple en n'exigeant pas que des données préliminaires accompagnent les demandes afin de démontrer la probabilité de réussite (Gewin, 2012). Également, il est parfois prétendu qu'une concurrence plus vive réduit le risque, puisque le processus de classement des demandes et des candidats devrait (en principe) permettre aux organismes de soutenir uniquement les propositions les plus prometteuses.

La volonté des organismes de financement de réduire les risques le plus possible est compréhensible, car ils doivent rendre compte de leur administration des fonds publics et démontrer qu'ils les administrent de façon responsable (Mejlgaard et Aagaard, 2017). Toutefois, des enjeux comme l'hyperconcurrence des demandes de subvention et le conservatisme perçu des comités d'évaluation ont contribué à nourrir les préoccupations selon lesquelles les chercheurs soient dissuadés de prendre des risques (ARISE, 2008; OCDE, 2018d). Le colauréat du prix Nobel de physique de 2011, Saul Perlmutter, a expliqué cette aversion au risque du point de vue des chercheurs qui, selon lui, se font demander : « Sur quel sujet vos recherches porteront-elles? Quand aurez-vous terminé? Quel jour ferez-vous votre découverte? » (THE, 2017). Certains chercheurs se plaignent de devoir élaborer des propositions portant sur des projets qui ne les intéressent pas, mais qui ont une meilleure chance d'être financés, plutôt que de se lancer dans des secteurs d'intérêt susceptibles de donner lieu à des découvertes transformatrices (Sinkjær, 2018).

Certains instruments et stratégies de financement ont vu le jour pour soutenir les projets de recherche à haut risque et à haut rendement, ayant pour objectif de produire des résultats transformateurs ou de « [mener à] des découvertes qui seraient autrement impossibles » [traduction libre] (ARISE, 2008). Toutefois, cette situation crée une tension pour les organismes subventionnaires qui adoptent ces approches, puisque le coût d'opportunité du financement de ce type de recherche est inconnu, ce qui n'est pas le cas des projets plus réalisables (Piore *et al.*, 2019). C'est ainsi que les organismes de financement de la recherche en SNG choisissent à mener une expérimentation afin de déterminer comment solliciter, analyser et évaluer les recherches à haut risque. Les données empiriques sont partagées quant à savoir s'il y a lieu de créer des programmes de financement réservés à la recherche haut risque pour appuyer ces initiatives ou si les organismes de financement de la recherche en SNG peuvent s'en remettre à l'adaptation de leur portefeuille existant (OCDE, 2018d). Nous exposons dans la présente section les défis ou les tensions associés au soutien des programmes à haut risque et à haut rendement. Nous présentons également les pratiques courantes et nouvelles utilisées pour promouvoir leur réussite.

Plusieurs approches d'évaluation du risque et du caractère novateur utilisées dans des appels de propositions des programmes et au cours des évaluations par les pairs se sont souvent avérées peu fiables.

Les comités d'évaluation par les pairs sont généralement chargés d'évaluer et de classer les propositions en fonction de plusieurs facteurs, entre autres la méthode, la faisabilité et les données préliminaires (Gallo *et al.*, 2018). Individuellement, les évaluateurs attribuent une note à chaque proposition. Ces notes peuvent servir à classer les propositions et à déterminer l'ordre dans lequel les projets seront financés (Barnett *et al.*, 2018). En raison des incertitudes entourant la faisabilité et l'absence de données préliminaires, il peut être difficile d'évaluer les recherches à risque élevé selon des critères d'examen généraux. Il semblerait intuitif d'inclure directement dans les critères d'évaluation une analyse du risque associé au projet, mais la subjectivité de ce type de jugement pose problème. Par exemple, selon un sondage de l'American Institute of Biological Sciences, les évaluations fondées sur les risques et l'innovation peuvent être subjectives et déformées par les biais dans le cadre d'une évaluation par les pairs, où les antécédents des chercheurs prennent une place importante (Gallo *et al.*, 2018).

La mesure dans laquelle une proposition polarise les membres du groupe d'évaluation (sur le plan des notes attribuées) est également perçue comme une méthode pour dévoiler l'aspect haut risque d'une proposition (Barnett *et al.*, 2018). Certains programmes ont expérimenté les « tickets d'or » dans le but de protéger les projets polarisants. Cette méthode permet aux évaluateurs de sélectionner une proposition même si d'autres évaluateurs lui ont attribué une mauvaise note (Sinkjær, 2018). Certaines données probantes vont à l'encontre de l'idée selon laquelle les propositions ayant obtenu des notes très variables ont de plus grandes retombées (comme en témoignent les citations) que celles dont la note moyenne est élevée. Toutefois, il s'agit d'un ensemble de données limité (Barnett *et al.*, 2018). Une évaluation est en cours pour déterminer si les tickets d'or entraînent un changement significatif dans les résultats du financement (QSSLab, 2020).

Les programmes de recherche ascendante à haut risque et à haut rendement tirent parti d'appels de propositions qui sont formulés clairement et de propositions courtes.

Les programmes visant à soutenir la recherche à risque élevé menée par des chercheurs principaux individuels permettent de libérer la créativité des chercheurs, qui pourraient autrement se sentir obligés d'explorer des avenues plus sûres ou prudentes. Des pratiques se sont concrétisées pour encourager les propositions qui exploitent cette créativité et reflètent l'intention des programmes à risque élevé, atténuant ainsi l'aversion au risque précédemment décrite. Dans les programmes canadiens qui appuient la recherche à haut risque et à haut rendement, comme ceux offerts par l'entremise du fonds Nouvelles frontières en recherche (FNFR), qui a été lancé en 2018, ou du programme Audace du Fonds de recherche du Québec – Société et culture (FRQSC), lancé en 2017, les appels de propositions et les critères d'évaluation soulignent l'importance de présenter des demandes qui ne seraient pas pertinents ni adéquats dans les concours en place (GC, 2019c, 2021a; FRQSC, 2020). Des stratégies distinctes, dont certaines sont expérimentales et encore peu répandues, ont aussi été employées dans d'autres programmes de financement de la recherche à haut risque et à haut rendement afin d'éviter que ces subventions (souvent de grande valeur) servent uniquement à récompenser des réalisations antérieures (Philogene, 2010).

Aux États-Unis, le programme Pioneer Awards lancé par les NIH en 2004 représentait la première tentative d'offrir un instrument propre à la recherche à haut risque (ARISE, 2008). Au cours des premières années d'existence de la subvention, les NIH ont apporté plusieurs changements à la structure d'évaluation pour éviter des problèmes liés à la subjectivité (Philogene, 2010). Après le concours initial, ils ont modifié le libellé de l'appel de propositions pour y préciser la définition de certains termes (*pioneering, innovative* et *award*). De plus, ils ont retiré de l'évaluation le critère des qualités de leadership des candidats en raison de préoccupations concernant les biais. Les évaluateurs ont noté que le terme pionniers (*pioneers*) peut être défini de deux façons. Il peut désigner des chercheurs qui prennent des risques, acceptent l'échec et remettent en question les idées reçues ou bien des chercheurs qui ont été des chefs de file de leur domaine en produisant la recherche la plus percutante qui soit dans les établissements les plus prestigieux (Philogene, 2010). On a constaté que ce programme attirait et appuyait principalement la deuxième catégorie de candidats. Les responsables continuent de déployer des efforts pour améliorer la représentation des groupes et des établissements sous-représentés (Philogene, 2010; NIH ACD, 2019).

Les propositions présentées dans le cadre des concours réservés aux projets à haut risque et à haut rendement sont évaluées selon différents critères, qui mettent moins l'accent sur les données initiales et insistent sur la créativité ou la vision (Gewin, 2012). C'est le cas du programme Pioneer Awards et d'autres instruments semblables offerts par le NIH, pour lesquels les candidats ne sont pas tenus de présenter des données préliminaires (NIH ACD, 2019). Non seulement les programmes de financement de la recherche à risque élevé proposés par les NIH et d'autres organismes n'exigent pas de données préliminaires, mais aussi ils limitent les exigences concernant la longueur des demandes (Philogene, 2010; Volkswagen Foundation, 2020d; Villum Fonden, s.d.). Cette pratique impose des restrictions quant à la longueur des énoncés de recherche en encourageant les candidats à présenter des propositions à la fois courtes et novatrices. Au terme de l'atelier organisé dans le cadre du programme Scialog, les participants doivent rapidement rédiger et présenter une proposition d'à peine deux pages. Le but est d'éviter que les candidats passent trop de temps à la peaufiner (Wiener et Ronco, 2019). Les évaluations ont confirmé que malgré les restrictions quant à l'ampleur de la documentation figurant dans la demande, ces programmes attirent et appuient les types de propositions qu'ils ciblent (Campbell, 2018; NIH ACD, 2019). Ces initiatives ascendantes à risque élevé se démarquent également grâce à leurs retombées accrues par rapport aux programmes comparables ou aux groupes témoins composés de candidats dont la demande a été refusée (Campbell, 2018; NIH ACD, 2019).

Enfin, des approches expérimentales continuent d'être suggérées et mises à l'essai afin de stimuler la création de propositions uniques en leur genre. Au Canada, le volet Exploration du FNFR, qui a pour objectif de soutenir la recherche interdisciplinaire à haut risque et à haut rendement, vise à tester des pratiques d'évaluation novatrices. Dans le cadre du concours 2020, les demandes faisaient l'objet d'une évaluation en double aveugle (GC, 2020b). Idéalement, cette pratique vise à dissocier l'évaluation du candidat et celle de la proposition, ce que des programmes à haut risque et à haut rendement expérimentent déjà dans d'autres pays. La Volkswagen Foundation et la Villum Fonden, établies respectivement en Allemagne et au Danemark, ont exploré l'évaluation des demandes en double aveugle pour leurs programmes (Villum Fonden, 2019; Volkswagen Foundation, 2020c) et ont ainsi obtenu des preuves de succès limitées mais encourageantes. Dans le cadre du programme de la Villum Fonden, les candidats ont affirmé que l'anonymat leur donnait la latitude de proposer certaines idées qu'ils n'auraient pas été à l'aise de présenter autrement, par exemple parce qu'ils craignaient de ne pas avoir une feuille de route suffisante (Sinkjær, 2018). Quant aux évaluateurs, ils voyaient aussi cette caractéristique d'un bon œil. Jusqu'à présent, un tiers des titulaires étaient âgés de moins de 40 ans (Sinkjær, 2018). Ces programmes sont en cours d'évaluation, mais le Economic and Social Research Council (ESRC) du Royaume-Uni a également fait appel à une évaluation par les pairs anonyme et à des propositions courtes dans son programme de financement de la recherche à haut risque en sciences sociales. Selon une évaluation, cette méthode permet d'attirer et de repérer les recherches transformatrices (Kolarz *et al.*, 2016).

Les subventions et les initiatives stratégiques à long terme peuvent offrir de la stabilité et ainsi donner les moyens aux chercheurs de prendre de plus grands risques.

La durée du financement a longtemps été vue comme un important levier pour les organismes qui encouragent la recherche à haut risque, que ce soit sous la forme de subventions à long terme ou d'occasions de renouvellement de la subvention pour un soutien pouvant aller jusqu'à 11 ans (ARISE, 2008). D'une durée de cinq ans, les subventions de démarrage et les subventions pour chercheurs expérimentés du ERC se sont révélées efficaces pour promouvoir la prise de risques par les candidats. Selon l'évaluation *ex post* des projets financés au moyen de ces programmes, la majorité peuvent être considérés en rétrospective comme étant à haut risque et à haut rendement et ont généré des avancées majeures ou des découvertes révolutionnaires (ERC, 2018b, 2020a). Par ailleurs, les programmes des NIH qui financent la recherche à haut risque et à haut rendement offrent un soutien pendant cinq ans (NIH ACD, 2019). Depuis quelque temps, certaines fondations optent pour des durées encore plus longues. Ainsi, depuis 2017, le Howard Hughes Medical Institute a fait passer de cinq à sept ans la période de

validité de ses subventions Investigator et a adopté des cycles de recherche de quinze ans sur son campus de recherche Janelia afin de « permettre à Janelia de demeurer à la fine pointe de la science » [traduction libre] (HHMI, 2017). Au Danemark, la Novo Nordisk Foundation a récemment lancé le programme New Exploratory Research and Discovery (NERD), qui cible les chercheurs en sciences naturelles et en génie en leur offrant un soutien pendant sept ans. Son processus d'évaluation par les pairs comporte également une étape d'évaluation anonyme (Novo Nordisk Foundation, 2020).

Tant pour les projets à court qu'à long terme, des approches fondées sur les défis ont aussi été adoptées à cette fin, en particulier par les organismes philanthropiques. Le programme Scialog est organisé selon une orientation thématique précise (p. ex. l'amélioration des technologies d'énergie solaire) pour déterminer l'attribution des subventions d'une durée d'un an. Par ailleurs, le projet Open Philanthropy est axé sur les « risques de catastrophe mondiale » [traduction libre], qui servent de cadre pour certains appels de propositions, tandis que l'initiative Audacious Project alloue des fonds versés par plusieurs fondations et organismes à but non lucratif à des projets de recherche à haut risque proposés en réponse à un appel d'idées ouvert visant à trouver des « solutions audacieuses de grande envergure aux problèmes les plus urgents de la planète » [traduction libre] (Michelson, 2020; The Audacious Project, 2020; Open Philanthropy, s.d.). Dans ces cas, les organismes offrent de la stabilité au moyen d'un engagement à poursuivre des objectifs aux horizons distants. De cette manière, même les subventions à court terme octroyées dans le cadre des Grands Défis peuvent promouvoir les recherches à haut risque – en permettant aux chercheurs de tester des idées risquées avant de proposer un grand projet cadrant avec l'ampleur du défi (Gibson *et al.*, 2019).

Outre les fondations, le Japanese Council for Science, Technology and Innovation, en collaboration avec la Japan Science and Technology Agency (JST), a lancé l'initiative Moonshot, qui chapeaute des projets dans l'horizon de 2050. Un financement d'une durée pouvant aller jusqu'à dix ans sera accordé aux propositions retenues dans le cadre des projets Moonshot individuels (JST, 2020a, 2020b). Les initiatives sont supervisées par des directeurs de projets recrutés dans le milieu universitaire et dans l'industrie à l'issue d'un concours portant sur des propositions. Les directeurs de projet doivent adopter une approche de portefeuille visant à équilibrer le risque (JST, 2020b). Bien que cette stratégie s'applique à long terme uniquement, elle n'est pas sans rappeler celle de la DARPA, peut-être l'exemple classique d'une organisation qui favorise la recherche à haut risque et

les technologies transformatrices. À la DARPA, lorsqu'un problème technologique a été défini, les gestionnaires de programme reçoivent et gèrent les propositions en exerçant leurs fonctions de manière autonome (Piore *et al.*, 2019). L'industrie participent largement aux programmes de la DARPA et Moonshot en raison des répercussions technologiques des défis ciblés (Windham et Van Atta, 2019; JST, 2020a). Les facteurs contextuels peuvent être essentiels pour déterminer si ces programmes ont réussi dans un environnement donné. Des données probantes portent toutefois à croire que les Grands Défis ou d'autres initiatives stratégiques à long terme peuvent fournir des cadres utiles pour les contributions de l'industrie à la R-D à haut risque. La recherche a été fructueuse dans le secteur des semiconducteurs et des initiatives prometteuses sont en cours dans le domaine de l'informatique quantique et de l'intelligence artificielle (Windham et Van Atta, 2019; JST, 2020a).

4.3 Maintien de la flexibilité du financement de la recherche

Nous avons cité dans des sections précédentes du présent chapitre des exemples de la façon dont les organismes de financement de la recherche en SNG ont adapté des pratiques traditionnelles ou mis en œuvre de nouvelles pratiques afin de mieux appuyer certains types de recherche. En ce qui concerne la recherche multidisciplinaire ou interdisciplinaire et à haut risque et haut rendement, les programmes subventionnaires habituels nécessitent souvent des modifications prenant en compte la participation de partenaires issus d'autres disciplines ou encore la portée et le caractère novateur de la question de recherche. En pareil cas, les organismes subventionnaires peuvent faire des choix délibérés en fonction des objectifs du programme. Toutefois, les chercheurs ont parfois besoin que les organismes subventionnaires fassent preuve d'une plus grande flexibilité pour réagir à des découvertes émergentes et à d'autres développements externes. L'importance de la flexibilité dans le milieu de la recherche en SNG a été mise à l'avant-plan par la pandémie de COVID-19. Les organismes ont rapidement introduit de nouveaux mécanismes adaptés pour apporter un soutien pendant la pandémie en canalisant leurs ressources vers les initiatives en science fondamentale (OCDE, 2020d). La flexibilité et la capacité d'adaptation du financement peuvent également jouer un rôle dans la réduction du gaspillage des ressources et la promotion de l'établissement de partenariats efficaces avec le secteur privé ou les décideurs.

Les organismes subventionnaires peuvent ajouter de la flexibilité aux instruments de financement appuyant des projets grâce à des engagements à long terme et à l'injection de fonds supplémentaires en temps opportun.

Les projets de recherche peuvent être façonnés par des percées ou des changements de trajectoire inattendus. Dans certains cas, les chercheurs peuvent être obligés d'abandonner l'approche proposée pour en privilégier une nouvelle qui est plus prometteuse. Les organismes subventionnaires disposent de nombreux outils leur permettant d'offrir la flexibilité nécessaire pour s'adapter aux changements apportés aux plans de recherche. En plus d'assurer une certaine flexibilité au départ, les subventions de longue durée permettent aux chercheurs de prendre non seulement des risques à long terme, mais aussi des virages stratégiques à court terme. Une autre approche permettant de procurer cette flexibilité consiste à recourir à un financement « individuel », que les chercheurs peuvent affecter à un ou plusieurs projets de leur choix (OCDE, 2018d). Cependant, ce type de financement est parfois associé à des biais accrus défavorisant les chercheurs issus de groupes sous-représentés (Witteman *et al.*, 2019) (section 3.2). Autrement, il peut être possible d'obtenir les mêmes avantages en augmentant la flexibilité des subventions appuyant des projets. Par exemple, selon des entrevues réalisées par le comité d'experts, la National Research Foundation Singapore autorise les chercheurs à demander un changement d'orientation pour une subvention de projet en communiquant avec les administrateurs du programme. La flexibilité a également été mentionnée comme un point fort des subventions à la découverte du CRSNG, qui appuient des programmes (plutôt que des projets) pour une période pouvant atteindre cinq ans en donnant aux chercheurs la possibilité d'apporter des changements stratégiques à leurs priorités (CRSNG, 2014). Pendant les entrevues, le comité d'experts a également appris que les partenariats à long terme d'une durée maximale de 10 ans offerts par la FAPESP au Brésil ont grandement contribué à faciliter l'établissement de partenariats fructueux avec le secteur privé (FAPESP, 2018).

La capacité d'adaptation peut aussi se présenter sous la forme de ressources supplémentaires allouées à des projets en cours par les administrateurs du programme (ARISE, 2008). Les organismes adoptent différentes approches à ce chapitre. La capacité d'adaptation des fondations découle de leur autonomie relative comparativement aux organismes subventionnaires publics, ce qui leur permet d'offrir du capital d'amorçage ou d'autres types de financement opportun, comme c'est le cas pour le programme Scialog dont il a été question précédemment (Grant, 2017; Michelson, 2020). Certains organismes subventionnaires publics ont intégré des approches similaires. Lors des entrevues avec des spécialistes externes, le comité d'experts a appris qu'un organisme subventionnaire national réserve une partie de son budget annuel pour fournir du soutien supplémentaire à des projets

en cours de son choix. Cet organisme reconnaît ainsi le caractère imprévisible de la recherche axée sur les découvertes ainsi que la nécessité d'une aide en temps opportun. Les organismes subventionnaires qui optent pour cette approche doivent toutefois justifier le fait qu'ils retiennent une part de leur budget. De plus, les agents de programme assument une plus grande responsabilité puisqu'ils doivent fournir ou retenir des fonds supplémentaires. Cette pratique souligne par ailleurs la nécessité d'une communication claire entre les chercheurs et les organismes subventionnaires concernant les changements apportés aux projets afin de gérer les attentes et d'éviter les redondances.

Le financement d'interventions rapides et les appels de propositions ouverts permettent aux organismes subventionnaires d'explorer rapidement de nouvelles orientations de recherche à mesure qu'elles émergent.

Les concours de financement se déroulent généralement selon des calendriers stricts sur une base périodique (habituellement annuelle), ce qui facilite notamment la logistique du rassemblement de comités d'évaluation (OCDE, 2018d). Cette structure n'est pas conçue pour prendre en compte les idées assujetties à des contraintes de temps en réaction à des développements soudains. Les programmes de financement d'interventions rapides spécialisés fournissent aux chercheurs des occasions de demander des fonds qui leur permettront de répondre à un besoin subit ou urgent. Dans le cadre de la Rapid Response Research (RAPID) de la NSF, les chercheurs sont invités à communiquer avec les agents de programme possédant une expertise en la matière qui peuvent juger d'emblée si la base de leur proposition est adéquate (NSF, 2020c). Les propositions sont évaluées à l'interne dans la mesure du possible et au cas par cas. En 2020, la NSF a avisé le milieu de la recherche d'envisager de présenter des demandes au programme RAPID pour des projets de recherche se rapportant à la COVID-19 (NSF, 2020a).

Il est important de noter que les appels de propositions d'interventions rapides spécialisés ne prévoient pas nécessairement de dates limites pour la présentation des demandes. En permettant aux chercheurs de présenter les propositions en tout temps, ces appels, de même que d'autres appels de propositions ouverts, leur offrent la possibilité de réagir rapidement à une nouvelle source d'inspiration. Cette pratique, qui peut s'appliquer à la fois aux approches descendantes et ascendantes, est actuellement utilisée dans la lutte contre la pandémie menée par le UKRI (UKRI, 2020b). L'Australian Research Council (ARC) a également adopté cette approche pour que son programme favorise les collaborations entre le milieu universitaire et l'industrie, rendant ainsi possibles les projets conjoints entre chercheurs et d'autres parties intéressées de l'extérieur du milieu universitaire (Commonwealth of Australia, 2015).

En recherche transdisciplinaire, les descriptions de programmes doivent être flexibles et indiquer clairement les bénéficiaires ciblés et la nature des résultats attendus.

Les initiatives de recherche transdisciplinaire s'attaquent à des défis présentant un intérêt direct et immédiat pour la société. À cette fin, ils passent par une « intégration des connaissances provenant de diverses disciplines scientifiques et groupes de parties intéressées (non universitaires) » (OCDE, 2020c). Ce type de recherche a pour but de définir et de réaliser des objectifs partagés par de nombreux partenaires dans l'ensemble de la société. En outre, contrairement à la recherche interdisciplinaire et multidisciplinaire, la recherche transdisciplinaire met souvent à contribution des personnes issues de milieux non universitaires (Wright Morton *et al*., 2015). Le nombre potentiellement élevé de parties intéressées variées qui participent à la recherche pertinente pour la société soulève une question fondamentale : pour quel ou quels aspects de la société cette recherche doit-elle être pertinente? (Schikowitz, 2019).

La pertinence pour le milieu universitaire ou les chercheurs se limite habituellement à la production de connaissances scientifiques et ne correspond pas nécessairement aux attentes de la société. La recherche dictée par les besoins ou les aspirations de la société risque également d'être perçue négativement par les scientifiques, pour qui elle peut représenter une forme de recherche « contractuelle » n'offrant aucune valeur aux chercheurs affiliés (Schikowitz, 2019). Des efforts s'imposent pour assurer une meilleure reconnaissance de ce type de bourses. D'un point de vue professionnel, il est généralement plus prudent pour les chercheurs, en particulier ceux qui ont peu d'expérience, d'opter plutôt pour des publications scientifiques traditionnelles (OCDE, 2018d; Schikowitz, 2019).

Les programmes où les questions de recherche sont moins rigoureusement définies mènent parfois à des résultats problématiques. Selon une étude de cas du programme autrichien proVISION, qui « vis[ait] à favoriser la production de connaissances pertinentes pour la société en faisant participer des acteurs locaux concernés » [traduction libre], les projets axés sur la production de connaissances pertinentes sur le plan à la fois scientifique, stratégique et pratique (ou local) ont souvent échoué (Schikowitz, 2019). Des problèmes rencontrés dans d'autres formes de recherche collaborative sont survenus, notamment des divergences dans les attentes liées aux délais de la production de connaissances, un déséquilibre entre la pertinence sociétale et la pertinence scientifique ainsi que la difficultés d'évaluer les résultats de la recherche à l'aide de critères bibliométriques habituels (Buswell *et al*., 2017; Schikowitz, 2019). Souvent, les partenaires de recherche utilisent des

méthodes différentes et obtiennent des résultats différents. En outre, l'ampleur de la participation de chacun des partenaires et les ressources nécessaires (p. ex. humaines et financières) peuvent varier au cours d'un projet (Shahin *et al*., 2014; Hicks *et al*., 2015; Buswell *et al*., 2017). Cette difficulté, qui est déjà présente dans les collaborations entre le domaine des sciences naturelles et du génie et les sciences humaines en raison des formes et du rythme variés des collectes de données (Buswell *et al*., 2017), se trouve amplifiée dans la recherche transdisciplinaire, où les participants exercent leurs activités dans plusieurs secteurs, ce qui complique la coordination de leurs efforts et le maintien des interactions avec les parties intéressées non universitaires (OCDE, 2020c).

Il serait possible d'améliorer les modèles de financement de la recherche transdisciplinaire en évitant un manque d'harmonisation entre les priorités des parties intéressées. Par exemple, lorsque des acteurs sociétaux particuliers participent à un projet de recherche, les organismes subventionnaires peuvent s'efforcer de déterminer clairement si ces acteurs sont appelés à bénéficier des connaissances produites ou à y contribuer (Schikowitz, 2019). Le comité d'experts a été mis au fait d'efforts continus déployés sur ce front en Nouvelle-Zélande, où la société royale Te Apārangi met l'accent sur le codéveloppement de programmes de recherche avec des participants maoris. De cette façon, les deux épistémologies présentes dans ce pays (européenne et autochtone) sont réunies aux premières étapes de la conceptualisation d'un projet dans l'espoir de parvenir à une entente quant aux objectifs de la recherche. Une définition claire des attentes dès le lancement des programmes, combinée à des approches d'évaluation qui reconnaissent les résultats de la recherche séparément des publications, constitue une approche prometteuse pour appuyer la recherche transdisciplinaire (Whitley *et al*., 2018; OCDE, 2020 c). De plus, les évaluations devraient prendre en compte les conflits d'intérêts potentiels, car les participants de la recherche peuvent aussi en être les bénéficiaires (OCDE, 2020c). Comparativement aux initiatives de recherche universitaire habituelles, l'affectation de ressources supplémentaires à la gestion de projets peut par ailleurs s'avérer particulièrement utile pour prendre en compte les défis décrits ci-dessus dans le cadre de programmes transdisciplinaires (OCDE, 2020c). Si l'on n'arrive pas à prendre en compte ces facteurs et d'autres considérations propres à la recherche multidisciplinaire, interdisciplinaire et transdisciplinaire dans le cadre le soutien apporté à ces projets, il est possible que les projets financés ne puissent pas mener à des découvertes intégratives ou pertinentes pour la société.

5

Amélioration de l'efficience administrative et des retombées de la recherche

Constatations du chapitre

- Le recours exclusif à l'évaluation par les pairs traditionnelle pour l'examen des demandes de subvention est de plus en plus scruté à la loupe, à mesure que l'environnement de financement en sciences naturelles et en génie devient plus concurrentiel. Une plus grande expérimentation portant sur d'autres approches – évaluation distribuée, présélection, demandes en plusieurs étapes et tirages au sort après une présélection des propositions – de même qu'une collecte de données plus rigoureuse dans le cadre de l'expérimentation permettront aux organismes subventionnaires en sciences naturelles et en génie de mieux évaluer les coûts et les avantages de différentes approches.
- De nombreux organismes subventionnaires s'efforcent d'appuyer l'adoption de principes et de pratiques de libre accès. Cette tendance s'est accélérée pendant la pandémie. D'ailleurs, des données probantes semblent indiquer que le soutien visant les infrastructures, comme les répertoires d'articles et de données à l'échelle des établissements ou des disciplines, peut améliorer la conformité au libre accès.
- Tant les approches axées sur les priorités ainsi que celles dirigées par les chercheurs peuvent soutenir la recherche ayant pour objet de répondre à des besoins sociétaux. Les programmes à petite échelle peuvent établir un lien entre les chercheurs et les groupes ciblés. Les organismes ont commencé à faire appel à des consultations publiques et à des activités de mobilisation de grande envergure pour définir les priorités thématiques. Les stratégies destinées à encourager la recherche ascendante ayant des retombées pour la société tirent parti de définitions générales des retombées et peuvent être renforcées au moyen d'initiatives de formation.
- Les critères d'évaluation s'adaptent aux nouvelles attentes concernant les résultats de la recherche ainsi que les pratiques et les normes de recherche. En élargissant la portée des évaluations pour les transformer en vastes cadres ne se limitant pas aux indicateurs bibliométriques traditionnels, les organismes subventionnaires peuvent normaliser la culture de la recherche en portant des objectifs secondaires à l'attention des milieux de recherche, et mieux cerner les retombées de recherche ayant lieu à l'extérieur du milieu universitaire.

(suite à la page suivante)

- Les organismes peuvent définir de nouveaux indicateurs et contribuer à mettre en correspondance les pratiques et les résultats en opérationnalisant plus pleinement leurs données sur l'environnement de recherche. Ils peuvent atténuer en partie les défis associés au caractère hétérogène et incomplet des données en les regroupant avec celles d'autres organismes (par l'entremise de tiers pour améliorer l'interfonctionnement au besoin). Les organismes établissent ainsi des plateformes permettant une mise à l'essai plus rigoureuse des pratiques de financement et une expérimentation accrue.

Il est primordial que les organismes subventionnaires soient en mesure d'évaluer la qualité et les retombées potentielles des propositions de recherche. De même, ils doivent avoir les moyens de mesurer les retombées de la recherche – lesquelles peuvent se produire sur de longues périodes – pour évaluer l'efficacité de leurs propres programmes et la qualité de la recherche qu'ils soutiennent. Ces processus d'évaluation nécessitent souvent des ressources considérables. Par exemple, l'évaluation par les pairs permet d'obtenir l'analyse détaillée requise pour classer les propositions reçues en réponse à un appel concurrentiel, mais elle peut entraîner un lourd fardeau administratif et des coûts de renonciation élevés. C'est encore plus vrai dans le contexte où la concurrence s'intensifie dans l'environnement de financement en raison du nombre croissant de propositions et de la réduction des budgets (Guthrie *et al.*, 2018). En outre, les organismes déploient de plus en plus d'efforts pour améliorer les retombées de la recherche qu'ils financent en s'assurant que les résultats scientifiques sont diffusés dans les milieux professionnels concernés, en élargissant l'accès public aux résultats de la recherche et en encourageant une sensibilisation et une mobilisation accrues du public. Pour financer la recherche de façon plus efficiente, efficace et transparente, les organismes expérimentent de nouvelles approches dans tous ces domaines. Dans le présent chapitre, nous citons des exemples de pratiques novatrices permettant de réduire le fardeau administratif et le gaspillage opérationnel, de favoriser l'établissement de liens plus étroits entre la recherche et la société et d'évaluer plus efficacement les programmes offerts par les organismes de financement de la recherche en SNG dans la poursuite de leur objectif de promotion de l'excellence en recherche.

5.1 Amélioration de l'efficience et réduction du fardeau administratif

Les processus d'attribution du financement pour les projets de recherche en SNG exigent des ressources considérables, tant humaines que financières. Pour apporter un soutien dans les domaines stratégiques prioritaires, il faut déterminer les niveaux de financement appropriés afin d'éviter le gaspillage et une diminution du rendement sur l'investissement. Cependant, les concours des programmes de subventions exigent beaucoup de travail de la part des chercheurs et des évaluateurs. De nombreux aspects, dont certains sont inévitables, alourdissent le fardeau administratif lié à l'octroi des subventions. Ces facteurs ont une incidence variable sur les candidats, les évaluateurs et les agents de programme. Les chercheurs doivent consacrer plus de temps à la préparation des dossiers de demande volumineux comportant des propositions particulièrement longues. Par la suite, ces propositions concourent à la fatigue des évaluateurs et aux longs délais de traitement. Cependant, les longues propositions détaillées peuvent aider les organismes à prendre des décisions de financement éclairées. Dans le cadre d'un concours donné, ces divers aspects du fardeau représentent une forme de coûts indirects. En outre, lorsque le taux de réussite dans un programme faisant appel à un concours est faible, les coûts de la mise en place du concours sont répartis sur un petit nombre de projets financés (OCDE, 2018d). Le temps consacré aux demandes de subvention n'aboutissant à aucun financement est souvent considérable. Selon une analyse d'un appel de propositions lancé par le National Health and Medical Research Council (NHMRC) de l'Australie, le temps consacré par les chercheurs en 2012 à l'élaboration de propositions infructueuses dépassait 400 ans au total (Herbert *et al.*, 2013).

Les organismes subventionnaires modifient leurs programmes et leurs stratégies d'évaluation pour tenter de repérer efficacement les propositions les plus prometteuses et de réduire le fardeau incombant aux chercheurs. Le temps et les ressources consacrés à l'évaluation par les pairs traditionnelle des demandes de subvention sont au cœur de cette analyse. D'ailleurs, le recours à l'évaluation par les pairs pour les demandes de subvention est de plus en plus scruté à la loupe en raison du fardeau imposé aux candidats et aux évaluateurs (Wilsdon *et al.*, 2015; Guthrie *et al.*, 2018). L'évaluation par les pairs est un processus jugé digne de confiance dans le milieu scientifique, où on le considère comme une méthode légitime et nuancée permettant d'évaluer la recherche (Wilsdon *et al.*, 2015). Les comités d'évaluation par les pairs offrent également des occasions d'échanges scientifiques et de discussions stimulantes groupes de chercheurs. En outre, les chercheurs peuvent obtenir de précieux commentaires expliquant pourquoi leur

proposition n'at pas été retenue. Cette approche a cependant été critiquée pour sa partialité, sa pensée de groupe et son incapacité à prédire le succès (van Arensbergen *et al*., 2014; Guthrie *et al*., 2018). Par ailleurs, il est difficile de quantifier le véritable coût de l'évaluation par les pairs par rapport à la valeur ajoutée dans chaque concours (OCDE, 2018d). C'est pourquoi certains organismes subventionnaires modifient leurs protocoles d'évaluation et mettent en place de nouvelles pratiques d'évaluation de la recherche, afin d'alléger le fardeau qui pèse sur le milieu de la recherche (Bendiscioli, 2019; Curry *et al*., 2020).

En imposant des restrictions pour réduire le nombre de propositions, les organismes subventionnaires peuvent réduire le fardeau de l'évaluation et favoriser la présentation des propositions de meilleure qualité.

Dans l'étude australienne susmentionnée, l'équivalent de 400 ans de temps de recherche perdu a été calculés sur la base du taux de réussite aux concours, du nombre total de propositions et du nombre moyen de jours ouvrables autodéclarés nécessaires pour préparer une proposition (environ 30 jours) (Herbert *et al*., 2013). Ce temps considérable, qui n'est pas inhabituel, comprend deux volets : le temps nécessaire aux chercheurs pour mettre à profit leurs connaissances et leur créativité afin de définir une question de recherche appropriée et celui nécessaire pour satisfaire aux exigences administratives d'une demande de subvention. Le premier investissement en temps est productif sur le plan scientifique. En revanche, le second représente un coût de renonciation et peut être une source de gaspillage opérationnel à mesure que le taux de réussite diminue (Roorda, 2009; Herbert *et al*., 2013).

Les efforts déployés pour réduire le temps consacré aux demandes infructueuses ont donné lieu à une exploration des modifications du taux de réussite par divers moyens. Le Dutch Research Council (NWO) s'est fixé comme objectif un taux de réussite de 25 % pour ses programmes. Il reportera les appels de propositions s'il s'attend à ce que le niveau de financement soit insuffisant pour atteindre ce taux en répondant à la demande (NWO, 2017a). Des approches axées sur la présentation des demandes, comme la limitation de la quantité de propositions, peuvent également être utilisées pour moduler le taux de réussite. Au lieu d'établir des plafonds fermes, la National Science Foundation (NSF) a demandé en 2015 aux scientifiques de respecter un « plafond volontaire » concernant le nombre de propositions pour lesquelles ils sont inscrits en tant que chercheur principal ou cochercheur principal (Mervis, 2014). Le UK Research and Innovation (UKRI) a eu recours pendant plusieurs années à des mesures supplémentaires fondées sur les résultats antérieurs dans les concours, afin de réduire le volume initial de

propositions dans les concours (EPSRC, 2009). L'Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) autorise les chercheurs à participer à un seul concours sur une période de 12 mois si leur taux de réussite personnel global est inférieur à 25 % et qu'ils ont présenté trois propositions ou plus n'atteignant pas un certain seuil de qualité (EPSRC, 2009). De même, les candidats qui n'avaient pas été retenus à certains concours de subventions annuels du ERC (p. ex. les subventions pour chercheurs expérimentés) et dont la proposition avait obtenu un résultat inférieur à un certain niveau n'ont pas été autorisés à répondre à l'appel de propositions l'année suivante (ERC, 2020a).

Ces pratiques permettent généralement de limiter le nombre de propositions dans un concours et d'avoir un effet dissuasif sur les chercheurs qui présentent un nombre excessif de propositions. Elles peuvent également améliorer la qualité globale des propositions. Par exemple, selon une analyse des résultats du Economic and Social Research Council du Royaume-Uni (ESRC)[30], la part des propositions très bien classées a augmenté depuis l'adoption d'une politique axée sur la gestion des demandes (ESRC, 2016). Cependant, ces approches suscitent elles aussi la controverse. Les restrictions visant les demandes ont été critiquées pour avoir encouragé le conservatisme dans les propositions et produit un effet dissuasif sur les collaborations (Sattary, 2012; Mervis, 2014). Lorsque l'EPSRC a adopté une politique de gestion des demandes pour faire passer le taux de réussite à un niveau plus « approprié » de 40 %, le conseil a été critiqué pour avoir donné l'impression que le besoin de financement diminuait (Sattary, 2012).

Les demandes en plusieurs étapes réduisent le fardeau pour les candidats et peut-être aussi pour les évaluateurs mais, en revanche, elles réduisent les possibilités de rétroaction constructive et sont susceptibles d'introduire de nouvelles sources de biais.

Au lieu de limiter le nombre de candidats au début d'un concours, plusieurs programmes de financement très prisés ont utilisé des processus de demande en plusieurs étapes, afin d'éliminer dès le début des concours les propositions ou les candidats inappropriés. Ces programmes utilisent une combinaison de pratiques, y compris les processus de mise en candidature (p. ex. par des pairs), une présélection des candidats, des prépropositions courtes et des entrevues (Philogene, 2010; Kolarz *et al.*, 2016; Gush *et al.*, 2018). Dans le cas du programme Pioneer Awards des National Institutes of Health (NIH), qui finance une recherche à haut risque et à haut rendement, près de 1 000 candidats ont été invités à présenter une proposition au cours des deux premières années du concours. Un premier choix « oui ou non » effectué par des évaluateurs externes (portant sur

30 L'ancien organisme de financement du Royaume-Uni pour la recherche en sciences économiques et sociales.

les candidats eux-mêmes) a permis de ramener le nombre de candidats à environ 250 (Philogene, 2010). À l'issue de la notation des propositions courtes de ces candidats par un groupe d'évaluateurs distinct, les NIH ont convoqué en entrevue une vingtaine de candidats (Philogene, 2010). Le Conseil européen de la recherche (ERC) a aussi recours à des entrevues à la troisième et dernière étape du processus d'évaluation des demandes de subventions de synergie, programme qui soutient les petites équipes « s'attaquant à un problème de recherche si ambitieux que le chercheur et son équipe ne peuvent le résoudre seuls » [traduction libre] (ERC, 2020b). L'ESRC a adopté une approche similaire dans son programme de financement de la recherche à haut risque et à haut rendement. Dans ce cas, cependant, les candidats donnent une présentation devant un comité spécial et leurs cocandidats (Kolarz *et al.*, 2016). Par ailleurs, la première étape du concours du Marsden Fund en Nouvelle-Zélande donne pour instruction aux évaluateurs de faire une présélection à partir des propositions initiales d'une page, ce qui permet d'éliminer jusqu'à 84 % des propositions (Gush *et al.*, 2018).

Si les organismes les mettent en œuvre avec soin, ces approches peuvent aider les chercheurs à éviter de consacrer inutilement du temps et des efforts aux demandes infructueuses. Les candidats estiment que le processus demeure légitime. Selon la plupart des candidats au programme Pioneer Awards des NIH, le processus leur a offert une possibilité suffisante de faire valoir leurs arguments en faveur du financement (Philogene, 2010). Les approches en question permettent aussi parfois de réduire le fardeau des évaluateurs. Toutefois, cet effet varie grandement en fonction de la conception du programme, car les évaluateurs peuvent être mobilisés à plusieurs reprises. Cette pratique donne cependant lieu à des compromis problématiques : le fardeau est transféré au personnel des organismes subventionnaires en raison de la complexité logistique accrue, ce qui peut également éliminer la possibilité de donner une rétroaction constructive sur les propositions rejetées et neutraliser par le fait même tout avantage prenant la forme d'une réduction de l'investissement en temps pour les candidats non retenus (Guthrie *et al.*, 2018). Plusieurs étapes d'évaluation, la mise en candidature (par des établissements ou des pairs) et les entrevues peuvent créer des possibilités supplémentaires d'introduire des biais explicites ou implicites et contribuer ainsi à la sous-représentation de certains chercheurs et de certains établissements parmi les bénéficiaires de ces programmes (Kolarz *et al.*, 2016; NIH ACD, 2019; Yen, 2019).

Les organismes peuvent avoir recours à une évaluation par les pairs distribuée pour les concours à petite échelle ou les programmes centrés sur une installation ou un sujet en particulier.

Pour les concours de petite envergure, les organismes pourraient résoudre le problème de la fatigue des évaluateurs en demandant aux candidats d'examiner eux-mêmes les propositions. Cette pratique, appelée « évaluation par les pairs distribuée » ou « auto-évaluation », consiste à demander aux candidats d'examiner d'autres demandes présentées en réponse au même appel de propositions. Elle s'est avérée prometteuse et est utilisée pour le programme Scialog ainsi que par le Biotechnology and Biological Research Council du Royaume-Uni et l'Ideas Lab de la NSF. Dans le contexte de ces programmes, les participants sont demandés de rédiger et d'évaluer leur propre proposition en groupe de manière itérative au cours de courtes conférences (Wiener et Ronco, 2019; NSF, 2020c). Le NWO a d'abord testé cette pratique dans le cadre de son programme Open Competition Domain Science – XS, programme ascendant qui invite les candidats à présenter des propositions portant sur de petits projets. Selon son analyse, « les premières expériences ont été positives » [traduction libre] (NWO, 2020a, 2020b). Le NWO continue d'utiliser cette pratique dans le cadre de ce programme et y a aussi recours pour l'évaluation des demandes reçues en réponse à d'autres appels de propositions, par exemple l'Idea Generator du Dutch Research Agenda. Ce dernier programme dispose d'un budget limité, encourage les projets transdisciplinaires menés par des chercheurs en collaboration avec des acteurs sociétaux. Pour cet exemple, l'évaluation par les pairs distribuée assure un délai de traitement rapide pour ces demandes (NWO, 2020a, 2020b).

Une évaluation par les pairs distribuée a également été utilisée dans des concours qui donnent accès à certaines installations scientifiques internationales. Par exemple, l'Observatoire Gemini a recours à ce processus pour allouer du temps d'observation à des chercheurs de l'extérieur, tandis que l'Observatoire européen austral a récemment mené un projet pilote combinant une évaluation par les pairs distribuée et l'apprentissage machine pour confier les propositions aux évaluateurs (Andersen, 2020; Kerzendorf *et al.*, 2020). Les participants considèrent ces pratiques d'un œil favorable, notamment en raison du délai de traitement plus court (Andersen, 2020; Kerzendorf *et al.*, 2020). Les évaluateurs peuvent se sentir davantage investis dans l'évaluation par les pairs distribuée (Andersen, 2020), tandis que les processus automatisés réduisent le fardeau de déterminer la répartition des propositions aux chercheurs pour les besoins de l'évaluation (Kerzendorf *et al.*, 2020). Néanmoins, certains inconvénients subsistent. Par

exemple, il est possible que les évaluateurs manquent d'expérience en la matière et qu'ils critiquent de manière déraisonnable les autres candidats pour améliorer leurs propres chances d'obtenir un financement (Andersen, 2020; Kerzendorf *et al*., 2020). La conception de programmes faisant appel à l'évaluation par les pairs de cette manière nécessitera des mécanismes pour éviter et atténuer les conflits d'intérêts potentiels, comme c'est le cas dans l'approche algorithmique utilisée dans le programme pilote de l'Observatoire européen austral (Kerzendorf *et al*., 2020).

Des solutions expérimentales destinées à remplacer l'évaluation par les pairs ont été proposées et mises à l'essai, mais leur pertinence peut varier selon programme.

L'évaluation par les pairs peut convenir pour repérer les propositions pour lesquelles l'organisme devrait offrir un financement. Cependant, lorsque les évaluateurs attribuent une note semblable à de nombreuses propositions, son efficacité à cet égard peut être remise en question (OCDE, 2018d). Dans les situations où plusieurs propositions se suivent de très près dans le classement, un faible écart dans la note attribuée ne correspond pas forcément à des différences appréciables dans la qualité ou le potentiel des propositions en question. Les décisions finales de financement comportent donc un élément de hasard (OCDE, 2018d). En outre, bien que le processus d'évaluation par les pairs prenne en compte le potentiel et la faisabilité de la recherche, des données probantes montrent dans certaines disciplines une corrélation non fiables entre, d'une part, les classements générés à partir des notes attribuées à l'issue de ce type d'évaluation et, d'autre part, les retombées ultérieures de la recherche (Fang *et al*., 2016). Par exemple, dans le concours du Marsden Fund dont nous avons parlé précédemment, les classements établis à la lumière de l'évaluation par les pairs n'auraient pu permettre de prédire le succès obtenu par la suite (Gush *et al*., 2018). L'évaluation par les pairs est omniprésente dans la recherche scientifique. Toutefois, jusqu'à tout récemment, elle n'a guère été analysée par rapport à d'autres approches utilisées pour la sélection et le classement des propositions (Guthrie *et al*., 2018).

De nombreuses stratégies expérimentales d'évaluation des demandes de subvention ont été proposées pour remédier aux points faibles de l'évaluation par les pairs traditionnelle (Bendiscioli, 2019). Parmi ces stratégies, un tirage au sort après une présélection des propositions a attiré une attention particulière. L'expression « tirage au sort » suppose une absence totale de concurrence, mais ce type d'approche ne fait généralement appel à une sélection au hasard qu'à une étape précise du processus (Roumbanis, 2019). D'après les partisans des tirages au sort après une présélection des propositions, bien que la rupture par rapport aux

évaluations au mérite risquent d'être considérés comme illégitimes, leur potentiel de réduire la partialité et d'améliorer l'efficience dans l'allocation du financement de la recherche justifie que l'on mette à l'essai et que l'on évalue cette pratique. Certains organismes subventionnaires commencent donc à expérimenter cette solution de remplacement des processus d'évaluation traditionnels (Roumbanis, 2019). Le New Zealand Health Research Council a mis en place un système de tirage au sort pour un programme de soutien à la recherche à haut risque et à haut rendement (Liu *et al.*, 2020). Dans un premier temps, les évaluateurs ont vérifié l'admissibilité de courtes demandes. On a ensuite procédé à un tirage au sort parmi les propositions qui s'étaient révélées prometteuses afin de sélectionner celles qui donneraient lieu à un financement. Les chercheurs participants interrogés estiment que le programme en question se prêtait bien à un tirage au sort, vraisemblablement en raison de la valeur modeste des subventions et du haut risque associé à la recherche à financer (Liu *et al.*, 2020).

En Allemagne, une fondation met aussi à l'essai la méthode des tirages au sort après une présélection des propositions dans le but de soutenir des « idées de recherche audacieuses » (Volkswagen Foundation, 2020c). Dans le cadre de son initiative intitulée « Experiment! », la Volkswagen Foundation fait d'abord appel à un comité de sélection externe chargé d'examiner un ensemble de 80 à 100 propositions admissibles et de retenir les projets les plus prometteurs (au nombre de 15 à 20). Ensuite, il tire au sort le même nombre de demandes dans un ensemble de 80 à 100 propositions admissibles (y compris des projets retenus par le comité de sélection). De cette façon, la fondation en arrive à un nombre de 30 à 40 projets approuvés au total (Volkswagen Foundation, 2020b). Il reste à évaluer ce type de programmes, mais l'adhésion des chercheurs va en augmentant (Volkswagen Foundation, 2020c). Un sondage mené auprès des participants à l'initiative Experiment! a donné des résultats semblables aux commentaires recueillis concernant le programme de la Nouvelle-Zélande : d'après la majorité des chercheurs, le programme les encourageait à présenter des demandes de subvention portant sur une recherche à haut risque qui ne conviendraient pas dans d'autres concours et cette approche pourrait peut-être améliorer la diversité des thèmes et des méthodes de recherche en découlant (Röbbecke et Simon, 2020; Volkswagen Foundation, 2020a). À l'issue d'une évaluation préliminaire du programme, Röbbecke et Simon (2020) ont conclu, sur la base des résultats initiaux, que les tirages au sort après une présélection des propositions ne remplaceront pas entièrement l'évaluation par les pairs, mais qu'ils pourraient convenir pour des programmes de courte durée ou des montants de financement peu élevés.

D'autres avenues proposées pour améliorer l'efficience et à réduire le gaspillage mettent l'accent sur l'utilisation de subventions de base en remplacement des concours coûteux.

Les vastes efforts déployés pour rationaliser les concours se concentrent sur des aspects tels que la limitation du volume des propositions et la modification du déroulement de l'évaluation par les pairs. Cependant, certains organismes ont proposé des mesures plus radicales pour réduire le fardeau administratif en renonçant entièrement aux concours pour l'attribution des subventions. Une étude récente menée aux Pays-Bas, au Royaume-Uni et aux États-Unis a exploré cette avenue. Les auteurs ont évalué le niveau de financement qui serait à la disposition des chercheurs si les fonds actuellement alloués par voie de concours étaient distribués uniquement en fonction du coût de la recherche dans différentes disciplines. Sans prendre en compte les économies supplémentaires réalisées grâce à l'élimination de l'évaluation par les pairs, les estimations établies indiquent que les préoccupations concernant la dilution des ressources dans un système égalitaire sont injustifiées dans ces pays (Vaesen et Katzav, 2017). Des chercheurs appuyés par le CRSNG ont parfois invoqué des estimations semblables pour faire valoir que l'organisme devrait distribuer en l'absence de tout concours une partie du budget des subventions à la découverte sous la forme de subventions de base en prenant en compte le temps consacré à la préparation et à l'évaluation des demandes (Gordon et Poulin, 2009a, 2009b). Cependant, ces types d'estimations ont fait l'objet de critiques, car elles n'évaluent pas de manière appropriée les avantages découlant de l'évaluation par les pairs (Roorda, 2009).

Bollen *et al.* (2019) proposent à l'égard des subventions de base une approche plus méritocratique, mais tout aussi radicale : selon leur système d'allocation de financement autoorganisé (SOFA), les chercheurs recevraient des subventions de base d'une valeur fixe, mais ils seraient tenus de redistribuer, de façon anonyme, un pourcentage de ces fonds à des collègues. L'allocation du financement se ferait de manière itérative, si bien que les chercheurs ayant reçu de leurs collègues les montants les plus élevés après le premier tour auraient un montant plus élevé à partager aux tours suivants. Les architectes du SOFA reconnaissent que cette approche comporte des compromis, des avantages et des risques. Il faut être à l'affût des conflits d'intérêts et des utilisations abusives du système (Bollen *et al.*, 2019). Avant de mettre en œuvre ce système, le NWO a proposé de procéder à une étude approfondie afin de déterminer les disciplines ou sous-disciplines et les situations particulières où un SOFA pilote serait le plus approprié (NWO, 2017a). Si l'on permet à la communauté scientifique de décider qui recevra le plus de

financement, il est possible de ne plus prioriser systématiquement la recherche destinée répondre aux besoins sociétaux. Néanmoins, le SOFA et d'autres systèmes d'octroi de subventions de base offrent un processus de remplacement qui pourrait contribuer à réduire les coûts indirects et la pression exercée sur le milieu de la recherche, notamment les chercheurs en début de carrière (CDC) (Bollen *et al.*, 2019).

5.2 Amélioration de l'accès à la recherche et de ses retombées pour la société

Comme nous l'avons indiqué au chapitre 2, les organismes subventionnaires sont de plus en plus favorables aux initiatives qui encouragent des interactions plus étroites entre la communauté scientifique et la société. Pour soutenir ces interactions, il faut souvent créer des liens entre les parties prenantes. Une amélioration de l'accès aux résultats scientifiques grâce à l'adhésion aux principes de la science ouverte permet d'établir ou de renforcer ces liens. Il est également possible de multiplier ces liens en encourageant les chercheurs à prendre directement en compte les retombées potentielles de leurs intérêts scientifiques à l'extérieur du milieu universitaire. Pour leur part, les organismes subventionnaires souhaitent disposer de méthodes fiables pour mesurer et surveiller un large éventail de retombées de la recherche, en trouvant un équilibre entre, d'une part, l'encouragement d'une recherche qui aura des retombées immédiates sur la société et, d'autre part, la protection du soutien à la recherche fondamentale spéculative.

En soutenant les répertoires d'articles, on favorise le libre accès, car le montant élevé et volatil des frais de traitement des articles peut constituer un obstacle aux politiques de libre accès.

Le modèle de publication en libre accès a vu le jour au début des années 2000. Le but était de rendre les résultats de la recherche largement accessibles à la société, sans frais pour les lecteurs (MPG, 2003). Les chercheurs qui adhèrent à ce principe peuvent publier les résultats de leur recherche dans des revues à libre accès ou des revues traditionnelles à abonnement offrant une option à libre accès (c.-à-d. des revues hybrides) (Piwowar *et al.*, 2018). Ils peuvent également téléverser des articles dans des répertoires gérés par des établissements ou d'autres organisations. Des chercheurs de certaines disciplines font aussi recours à des serveurs de préimpression, dont l'utilisation a augmenté pendant la pandémie dans des disciplines où on les utilisait peu auparavant (Callaway, 2020). Ces serveurs, qui permettent aux chercheurs de solliciter des commentaires avant l'évaluation par les pairs, peuvent les aider d'établir leur priorité dans la

découverte compte tenu des délais associés à la publication de la revue (Vale et Hyman, 2016; Sarabipour *et al.*, 2019). La politique en matière de préimpression varie d'un organisme subventionnaire à l'autre. Toutefois, bon nombre d'organismes autorisent cette pratique dans les demandes de subvention et plusieurs revues à grande diffusion autorisent maintenant les chercheurs à téléverser des préimpressions dans les répertoires avant de publier les résultats de leur recherche (Bourne *et al.*, 2017; Nature Editorial, 2019). Les serveurs sont peut-être prisés dans certaines disciplines, mais ils peuvent être peu réglementés par rapport aux revues. Par conséquent, les chercheurs de certains domaines préfèrent parfois éviter de les utiliser en raison de la concurrence extrême ou des répercussions sur la brevetabilité des résultats de leur recherche (Van Noorden, 2013; Kwon, 2020; ASAPbio, s.d.).

Le choix d'un moyen de diffusion à libre accès par un chercheur définit le niveau de libre accès, sous réserve de diverses conditions, par exemple l'octroi de licences. Pour tous les niveaux possibles, les démarches visant à évaluer le libre accès en fonction des données révèlent un taux d'adoption représentant près de la moitié des publications offertes, avec une forte croissance au cours de la dernière décennie (Piwowar *et al.*, 2018; Robinson-Garcia *et al.*, 2020). Cette tendance à la hausse, combinée à d'autres facteurs tels que l'évolution des politiques en faveur du libre accès parmi les organismes subventionnaires et les établissements ainsi que les changements survenus dans l'industrie de l'édition – signalons l'annonce par Springer Nature de son modèle de libre accès à la fin 2020 – ont conduit les auteurs et les partisans du libre accès à laisser entendre que la COVID-19 a pu donner le dernier élan vers l'adoption généralisée des pratiques de libre accès (Piwowar *et al.*, 2018; Callaway, 2020; Nature, 2020a).

Par les pratiques qu'ils utilisent, les organismes subventionnaires jouent un rôle dans la détermination de la manière dont cet élan pourrait se manifester, mais leurs politiques ont connu des succès variables. Selon une analyse de 1,3 million de publications issues de recherches financées par 12 organismes différents, un tiers des chercheurs ne respectaient pas les politiques de libre accès qui sous-tendent ce soutien financier (Larivière et Sugimoto, 2018). Cette analyse a révélé des écarts significatifs au chapitre de la conformité non seulement entre les organismes subventionnaires, mais aussi entre les disciplines dans lesquelles s'inscrit la recherche appuyée par les mêmes organismes (Larivière et Sugimoto, 2018)[31].

31 Une conformité au libre accès inférieure à la moyenne a été observée pour les recherches financées par des organismes subventionnaires canadiens aux niveaux disciplinaire et institutionnel (Larivière et Sugimoto, 2018; Robinson-Garcia *et al.*, 2020). Des initiatives fédérales visant à favoriser l'adoption des principes de la science ouverte sont en cours sous la forme d'une stratégie pancanadienne de science ouverte. Toutefois, le public a accès à peu de détails et des consultations avec les parties prenantes sont en cours (GC, 2020c).

Pour accélérer l'adoption généralisée de la publication en libre accès, un groupe d'organismes subventionnaires s'est réuni pour former la cOAlition S, qui a défini des principes de libre accès connus sous le nom de « Plan S » (cOAlition S, 2019). Ce groupe comprend plusieurs organismes subventionnaires nationaux (principalement au sein de l'Union européenne) et la fondation Bill et Melinda Gates (cOAlition S, s.d.). Le Plan S propose plusieurs principes, par exemple obliger les organismes participants à fournir un soutien au titre d'infrastructure et des frais de traitement des articles. Il demande également aux organismes subventionnaires de reconnaître que les éditeurs en libre accès fonctionnent selon un large éventail de modèles opérationnels (cOAlition S, 2019). La diversité des revues en libre accès se traduit par des frais très variables au titre du traitement des articles. La plupart des revues ne facturent aucuns frais mais, pour celles qui le font, les frais varient de trois ordres de grandeur (Morrison *et al.*, 2015).

Le Plan S propose également des sanctions sévères en cas de non-conformité : les chercheurs s'exposent alors à un retrait du financement, à la non-reconnaissance des publications futures dans les revues par abonnement et à leur exclusion pure et simple des appels de propositions (cOAlition S, 2019). La rigidité de ces dispositions et d'autres éléments du plan ont parfois fait l'objet de critiques. Certains soutiennent qu'il est insensible aux besoins des chercheurs et que le financement obtenu jouera une influence indue sur leur décision quant à l'endroit où soumettre leurs travaux. En vertu du Plan S, il incombe aux organismes subventionnaires de prendre en charge les frais de traitement des articles, mais les chercheurs qui ne détiennent aucune subvention de la cOAlition S doivent acquitter eux-mêmes ces frais ou risquer d'être exclus des appels de propositions futurs (Global Young Academy, 2018; Perianes-Rodríguez et Olmeda-Gómez, 2019). La position du Plan S concernant les revues hybrides a également soulevé des critiques[32]. Plusieurs sociétés professionnelles en physique, discipline où les principes du libre accès suscitent l'enthousiasme depuis longtemps, ont fait valoir que l'option de publier dans des revues hybrides est précieuse pour leurs membres (OSA, 2020). Dans ce cas, le problème ne réside pas dans les principes du Plan S, mais plutôt dans son calendrier d'adoption très court. Frantsvåg et Strømme (2019) font écho à cet argument en faveur d'une période de transition plus longue, signalant qu'une forte proportion de revues déjà considérées comme étant en libre accès ne seraient en fait pas conformes aux exigences actuelles du Plan S, en particulier celles publiées par de petits éditeurs.

32 Selon les analyses des tendances de l'édition en libre accès, on observe que la publication dans des revues hybrides est en corrélation non seulement avec un impact des citations plus élevé, mais aussi avec des frais de traitement d'articles élevés, attribuables à la position historique des grands éditeurs établis et à leur pouvoir sur le marché, et non à des coûts de production élevés (Piwowar *et al.*, 2018; Schönfelder, 2019; Zhang *et al.*, 2020).

Les discussions portant sur le Plan S se poursuivent, mais une approche assurant un équilibre entre la mise en œuvre des exigences, le soutien financier et la mise en place d'infrastructures pourrait faciliter la transition vers le libre accès sans élargir les écarts entre les nantis et les démunis (Larivière et Sugimoto, 2018). Larivière et Sugimoto (2018) ont notamment observé un niveau de conformité au libre accès plus élevé parmi les organismes subventionnaires qui fournissent une infrastructure pour abriter les répertoires d'articles, comme PubMed Central. Cette observation a été corroborée dans une étude distincte portant sur l'adoption du libre accès par les établissements. Selon cette étude, les établissements britanniques sont des chefs de file mondiaux et doivent leur succès en grande partie au libre accès grâce à l'autoarchivage des pré ou post-impressions dans les répertoires institutionnels et autres (Robinson-Garcia *et al.*, 2020). Cette pratique indiquerait une avenue prometteuse pour d'autres organismes subventionnaire. En soutenant la création de répertoires ou en encourageant l'utilisation de bases de données existantes, les organismes peuvent alléger le fardeau des chercheurs qui peinent à acquitter les frais de traitement d'articles élevés dans un environnement d'édition en évolution.

Les organismes peuvent adopter à la fois des approches ascendantes et descendantes pour améliorer les retombées de la recherche.

La pertinence pour la société compte de plus en plus au nombre des objectifs visés par les programmes de subventions (OCDE, 2018a). Toutefois, non seulement il est difficile de prévoir les retombées de la recherche pour la société, mais aussi les besoins sociétaux sont variés. Les organismes emploient diverses pratiques correspondantes à l'appui des retombées de la recherche pour la société. Au cours des entrevues avec des spécialistes externes, le comité d'experts a entendu des points de vue contradictoires quant à la pertinence de demander aux chercheurs de prédire d'emblée les retombées de leur recherche pour la société dans leur proposition. Au dire de certains, cette pratique encourageant le conservatisme en demandant aux chercheurs d'imaginer uniquement des retombées prévisibles ou réalisables et les découvertes issues de la recherche qui génèrent les retombées les plus importantes pour la société étaient souvent imprévues et inattendues. D'autres ont souligné les avantages d'ancrer les chercheurs dans leur contexte sociétal et économique en faisant valoir que le fait d'encourager les chercheurs à prendre en compte les retombées pour la société pourrait les amener à établir de nouveaux partenariats avec d'autres parties prenantes de leur communauté scientifique locale.

Pour orienter les chercheurs, certains organismes subventionnaires ont mené de vastes consultations publiques et activités de mobilisation du public, afin de définir des thèmes pertinents sur le plan social pour leurs initiatives stratégiques. Au moment de concevoir son programme de travail 2018-2020 « Science avec et pour la Société », la Commission européenne a utilisé un questionnaire en ligne afin de recueillir les commentaires du public (Commission européenne, 2016). En s'inspirant de cette approche, le Dutch Research Agenda des Pays-Bas a invité le grand public à poser ouvertement des questions sur la science. Un comité multidisciplinaire a ensuite résumé en 140 questions les 11 700 requêtes reçues. On a exploré ces questions au cours de réunions avec les parties prenantes et créé une plateforme en ligne pour permettre un dialogue continu entre les chercheurs et les membres du public afin d'établir un lien entre « l'offre et la demande » de recherche (NWA, 2016b). Le portefeuille d'activités qui en résulte est organisé selon une feuille de route définissant les priorités thématiques et les programmes de financement connexes, par exemple l'Idea Generator (section 5.1). D'après les organisateurs, le processus de coconception adopté pour cette initiative de recherche a entraîné une augmentation des interactions entre la science et la société grâce à mobilisation et à la couverture médiatique (NWA, 2016a, 2016b).

À l'autre extrémité du continuum, la NSF a introduit en 1997 le cadre ascendant de Broader Impacts dans ses critères d'évaluation des propositions afin de repérer le caractère prometteur des propositions au-delà du mérite intellectuel. Les critères ou les cibles portant sur des retombées du volet Broader Impacts ne sont pas définis de façon stricte et permettent « l'innovation sur le terrain » (NSF, 2014). La résolution d'un problème pour répondre à un besoin sociétal direct représente un type de retombées, tout comme la formation, la sensibilisation du public et le renforcement des capacités ou des infrastructures (Kamenetzky, 2013). Ces activités peuvent également occuper une place plus ou moins importante dans le sujet direct de la proposition de recherche (NSF, 2014). Une analyse évaluant les retombées prévues dans les propositions financées de la NSF a révélé des écarts entre les disciplines en ce qui a trait aux types d'initiatives appuyées. Elle a aussi montré que, dans l'ensemble, la formation et la sensibilisation du public étaient respectivement les formes de retombées la plus et la moins répandue dans le cadre Broader Impacts (Kamenetzky, 2013).

Cette diversité de critères portant sur les Broader Impacts permet aux chercheurs de faire preuve de créativité dans la manière dont ils peuvent produire des résultats qui profiteront à la société en général, mais elle continue de remettre en question l'évaluation formelle (Bozeman et Youtie, 2017). À l'échelon des établissements, la structure des incitatifs professionnels et l'absence de formation ou d'infrastructures entravent les « travaux Broader Impacts » (Kamenetzky, 2013), qui révèlent des possibilités s'offrant aux organismes subventionnaires

d'apporter un soutien ciblé (Nagy, 2016). Par exemple, dans le contexte de l'éducation, certains programmes bénéficient d'une plus grande spécificité. Ainsi, le programme PromoScience, offert par le CRSNG, vise à offrir aux jeunes des possibilités d'éducation en STIM dans un cadre informel. La formule adoptée pour ce programme répond au besoin particulier de susciter davantage d'intérêt plus large pour les STIM. Selon une évaluation récente, il serait cependant possible d'améliorer l'efficacité de ce programme en le ciblant davantage, en définissant les résultats escomptés et en déterminant le public cible (CRSNG, 2016).

Les stratégies ascendantes présentent des avantages et des inconvénients par rapport aux stratégies descendantes destinées à encourager, grâce à des programmes de subventions, une recherche ayant des retombées sociales. Des approches de coconception reposant sur la consultation des parties prenantes ou leur participation sous une autre forme peuvent aider à aiguiller stratégiquement les orientations de la recherche avant de lancer les appels de propositions. Par ailleurs, des approches ciblées dans le cadre de programmes autonomes peuvent répondre à des besoins particuliers de manière plus prévisible. Les approches ascendantes peuvent cependant favoriser des changements dans la culture de la recherche. Par exemple, l'UKRI a éliminé des propositions la déclaration « Pathways to Impact », qui soulignait les moyens prévues pour générer les retombées afin de réduire le fardeau administratif. L'organisme a conclu que l'utilisation de cette pratique pendant dix ans avait changé la culture de la recherche dans ce milieu, si bien que les chercheurs prennent désormais systématiquement en compte l'intérêt public dans leurs projets de recherche (EPSRC, 2020a). Pour sa part, à la lumière de constatations antérieures selon lesquelles les femmes sont plus susceptibles de participer à des activités de sensibilisation et d'accorder plus d'importance au travail pertinent sur le plan social, Kamenetzky (2013) fait valoir que l'inclusion de critères se rapportant aux retombées pour la société peut attirer une main-d'œuvre plus diversifiée. Toutefois, il faut éviter d'imposer un fardeau disproportionné aux groupes de chercheurs sous-représentés (section 3.2). Ce travail risque encore d'être perçu professionnellement comme un service à la communauté universitaire et considéré comme un complément à la recherche universitaire (Kamenetzky, 2013; Wang, 2019).

Il faudrait élaborer des indicateurs alternatifs afin de surveiller les retombées sociales et les organismes subventionnaires peuvent contribuer à cet effort en appuyant la recherche qui détermine les indicateurs appropriés dans un contexte donné.

Les retombées sociales de la recherche en SNG prennent de nombreuses formes. Les avantages sociaux et économiques se manifestent différemment, ce qui exige des méthodes distinctes pour les évaluer (Bozeman et Youtie, 2017). C'est pourquoi il est parfois difficile de présenter de manière claire et transparente ces retombées au grand public afin de justifier le financement de la recherche en SNG auprès de celui-ci (Robinson-Garcia *et al*., 2018). Les indicateurs traditionnels utilisés pour surveiller les résultats bibliométriques ne sont pas appropriés, car les retombées pour la société ne sont pas nécessairement synchronisées avec les résultats des études scientifiques et les biais à l'égard des publications en anglais signifie qu'une recherche très pertinente dans un contexte local peut passer inaperçue dans la littérature en SNG (Hicks *et al*., 2015). L'utilisation d'indicateurs alternatifs (ou altmétriques) a gagné en importance en tant qu'outil témoignant du dialogue avec la société, par exemple grâce à la surveillance de diverses interactions dans les médias sociaux liées à des découvertes scientifiques (Robinson-Garcia *et al*., 2018). L'utilisation de ces nouveaux indicateurs peut s'inspirer de méthodes élaborées dans la bibliométrie classique, mais elle est sujette à des écueils similaires et risque d'être exploitée à des fins de marketing par les éditeurs (Robinson-Garcia *et al*., 2018). Lorsqu'ils sont réduits à un chiffre autonome, les indicateurs altmétriques peuvent à eux seuls donner un aperçu limité de la portée sociétale. Ainsi, on a constaté que des indicateurs altmétriques fondés sur Twitter reflètent avec une plus grande exactitude les retombées de nature scientifique plutôt que sociétale (Robinson-Garcia *et al*., 2018; Haustein, 2019).

Des exemples de méthodes qui évaluent les retombées sociales appliquent des cadres analytiques aux études de cas, afin d'examiner les interactions entre les chercheurs et les parties prenantes (Spaapen et van Drooge, 2011; Joly *et al*., 2015). Certains ont proposé d'utiliser des indicateurs altmétriques de concert avec ces approches en place (Wilsdon *et al*., 2015). Ces nouveaux indicateurs pourraient être utilisés en complément des études de cas – qui peuvent être fastidieuses – en déterminant aussi les avenues ou les types d'interactions qui favoriseraient la participation grâce à des analyses de réseau (Robinson-Garcia *et al*., 2018). Wilsdon *et al*. (2015) proposent de s'inspirer des études de cas portant sur les retombées réalisées dans le cadre du U.K. Research Excellence Framework afin de déterminer des lignes directrices pour l'élaboration d'indicateurs supplémentaires

adaptés à des contextes précis. Ainsi, des recherches plus poussées portant sur les indicateurs (y compris des indicateurs altmétriques) appuyées par les organismes de financement de la recherche en SNG permettraient de déterminer les liens existants entre les données et certains types de retombées et pourraient contribuer à l'élaboration d'ensembles d'indicateurs quantitatifs ou qualitatifs plus utiles (Wilsdon *et al.*, 2015).

Les initiatives de formation intégrées aux programmes de bourses ou de subventions aident les chercheurs à cerner les possibilités de recherche ayant des retombées pour la société et à renforcer la capacité d'entrepreneuriat.

Une conception appropriée des programmes ainsi qu'une reconnaissance et une surveillance accrues des résultats de la recherche ayant des retombées pour la société permettent d'encourager les chercheurs à explorer des recherches pertinentes à ce chapitre. Cependant, un manque de formation dans la poursuite d'objectifs non liés à la recherche universitaire présente un obstacle supplémentaire. Selon une étude portant sur des activités menées dans le cadre de la Broader Impacts Initiative de la NSF, la formation et l'expérience antérieure des chercheurs constituent de puissants prédicteurs du type d'activités qu'ils mènent (Nagy, 2016). L'initiative Advancing Research Impact in Society (ARIS), appuyée par la NSF, a été élaborée dans le but d'accroître les retombées sociales des découvertes grâce à la recherche, à la formation et à l'établissement de partenariats (ARIS, 2020). Les sondages utilisés dans le cadre de cette initiative ont permis de cerner des besoins et des lacunes dans les connaissances en particulier dans le milieu de la recherche, par exemple au chapitre de la détermination des publics ou des parties prenantes pour ces activités de recherche. Ainsi, ARIS peut mettre en œuvre des séances de formation, des webinaires et des ateliers ciblant ces besoins. Les chercheurs participants considèrent ces possibilités de formation d'un œil favorable et estiment qu'elles ont renforcé leur capacité de prendre en compte des retombées plus générales dans leurs propositions et leurs plans de recherche (ARIS, 2020).

Certains programmes s'adressant aux jeunes chercheurs mettent également en œuvre des mesures destinées à faire mieux connaître les possibilités d'avoir recours à la commercialisation pour générer des retombées économiques grâce à la recherche. Par exemple, les titulaires des bourses Future Leaders de l'UKRI peuvent être accueillis dans les locaux d'entreprises. On demande aux candidats de proposer des plans de perfectionnement professionnel et de formation cadrant

avec l'objectif de leur bourse (UKRI, 2020a). À l'échelon des établissements, les Centres for Doctoral Training de l'EPSRC se concentrent sur des sujets en harmonie avec les priorités pertinentes sur le plan social. Ces établissements servent de points de liaison entre l'enseignement supérieur et l'industrie en ayant pour mandat de fournir une formation en recherche permettant d'acquérir des compétences spécialisées (EPSRC, 2018a). Il incombe aux établissements d'accueil de concevoir et de mettre place un environnement de formation pour des cohortes de dix doctorants par an. En plus de mener des activités de recherche classiques, les étudiants participent à des activités de perfectionnement professionnel leur permettant d'acquérir une compréhension pratique des avenues vers à la commercialisation de la recherche.

Le programme Innovation Corps (I-Corps) de la NSF offre une approche encore plus ciblée pour renforcer les capacités en entrepreneuriat, expressément pour enseigner aux chercheurs à cerner les possibilités d'appliquer ces capacités dans les programmes de recherche en cours (NSF, 2019a). Ce programme d'apprentissage expérientiel accéléré s'échelonne sur sept semaines (NSF, 2019a), ce qui oblige les participants à appliquer rapidement les connaissances acquises (Duval-Couetil *et al.*, 2020). Le programme I-Corps est ouvert aux chercheurs principaux, aux stagiaires postdoctoraux, aux chercheurs scientifiques et aux étudiants des cycles supérieurs. Les participants présentent leur candidature en équipes de trois personnes, dont un entrepreneur expérimenté, qui offre des possibilités de mentorat et de réseautage à ses coéquipiers. En plus de former les chercheurs en développement commercial, le programme les oblige à s'engager auprès de parties prenantes et de clients potentiels. Selon une évaluation du programme, il est apprécié des participants et permet d'enrichir leurs connaissances en entrepreneuriat et d'induire des changements de comportement dans la recherche. Les chercheurs ont indiqué que le programme leur permettait d'adopter une perspective axée sur le marché plutôt que sur la technologie et qu'il les avait amenés à adapter les approches de mentorat pour mieux soutenir les étudiants et les stagiaires postdoctoraux qui s'intéressent à la recherche translationnelle (Duval-Couetil *et al.*, 2020). La mise en œuvre et les objectifs de ces types de programmes de formation varient grandement, cependant le regroupement des chercheurs en cohortes et l'établissement de liens entre eux et les parties prenantes permettent aux organismes subventionnaires de renforcer la capacité chercheurs intéressés à mener des recherches ayant des retombées sociales.

5.3 Amélioration de l'évaluation des pratiques de financement de projets en SNG

La capacité des organismes de financement de la recherche à s'améliorer continuellement repose en partie sur leur capacité à évaluer leurs programmes et leurs pratiques. L'évaluation des programmes offre des possibilités d'orienter les politiques en liant les pratiques de financement et les résultats de la recherche et en démontrant la reddition de comptes et la transparence envers le public à l'égard des dépenses (ESF, 2009). Toutefois, les évaluations *ex post* des programmes de financement comportent inévitablement à des défis sur le plan conceptuel et méthodologiques, surtout lorsque l'on prend en compte les retombées sociales et économiques globales de la recherche[33]. D'après l'OCDE (2018d), les difficultés rencontrées dans ce type d'évaluation comprennent l'ambiguïté des objectifs sociaux et économiques à inclure, les délais longs et incertains entre l'investissement et les retombées de la recherche, les chaînes de cause à effet complexes faisant intervenir de nombreuses variables ainsi que la difficulté de repérer les contrevérités avec lesquelles comparer les résultats observés. L'attribution des résultats à des pratiques de financement en particulier pose également problème. En effet, non seulement les chercheurs reçoivent souvent du financement de plusieurs sources, mais aussi les facteurs contextuels influent sur les résultats de la recherche. Cependant, de nouvelles possibilités d'améliorer les efforts d'évaluation se présentent pour les organismes de financement de la recherche en SNG.

Les organismes subventionnaires peuvent bénéficier de pratiques exemplaires reconnues et des leçons tirées de l'évaluation de la recherche dans d'autres contextes.

Les méthodes d'évaluation de la recherche varient grandement d'un organisme subventionnaire à l'autre. Elles reposent sur les indicateurs bibliométriques (p. ex. publications et citations), les prix, les évaluations qualitatives des retombées (autodéclarées ou évaluées par une source externe) et la mobilisation de fonds supplémentaires ainsi que les évaluations qualitatives d'autres aspects du processus ou des résultats de la recherche, comme le degré d'interdisciplinarité ou des percées révolutionnaires (OCDE, 2018d). Les commentaires des candidats retenus et non retenus peuvent fournir un aperçu important des forces et des faiblesses de la conception des programmes (CRSNG, 2014; Campbell, 2018).

33 La présente section porte sur les initiatives et les pratiques d'évaluation portant sur les retombées de la recherche financée et des programmes de financement pendant ou *après* la réalisation de la recherche. L'accent est également mis sur les pratiques d'évaluation des programmes pertinentes pour le financement de la recherche en SNG par voie de concours.

Le contexte d'une évaluation donnée déterminera les approches et les indicateurs les plus importants, mais les organismes subventionnaires peuvent tirer profit des orientations existantes concernant ces méthodes et celles qui découlent de leur application dans d'autres contextes d'évaluation. Les indicateurs bibliométriques permettent de suivre les données de publication et de citation et offrent un moyen attrayant d'analyser des questions complexes de manière concise et quantitative (Wilsdon *et al.*, 2015; Stephan *et al.*, 2017). Cependant, certains indicateurs bibliométriques font l'objet de nombreuses critiques ou sont mal utilisés. Par exemple, on reproche aux facteurs d'impact des revues (FIR) de fournir un piètre indicateur de la qualité des revues et des chercheurs (DORA, 2012; Wouters *et al.*, 2019)[34]. Selon une analyse des publications scientifiques menée sur une période de 15 ans, les articles très novateurs sont souvent publiés dans des revues ayant un FIR peu élevé et mettent plusieurs années à obtenir le nombre de citations nécessaires pour que les indicateurs habituels reflètent leur impact élevé (Wang *et al.*, 2017). Certains organismes de financement de la recherche en SNG ont tenté de résoudre ce problème en donnant des directives particulières pour éviter les indicateurs problématiques. Par exemple, le Research Excellence Framework (REF) du Royaume-Uni a interdit le recours aux FIR et à la plupart des indicateurs bibliométriques dans l'évaluation du rendement des établissements (Arnold *et al.*, 2018). De même, le protocole de la stratégie d'évaluation 2021–2027 s'appliquant à la recherche aux Pays-Bas limite l'utilisation de la bibliométrie (VSNU *et al.*, 2020).

Des initiatives comme la San Francisco Declaration on Research Assessment (DORA) et le Manifeste de Leiden donnent également des lignes directrices sur l'utilisation appropriée des indicateurs (DORA, 2012; Hicks *et al.*, 2015). Il est possible de surmonter les problèmes de fiabilité associés aux indicateurs uniques en prenant en compte collectivement plusieurs sources de données : par exemple, on peut déterminer un indicateur pour le leadership dans le cadre d'un effort d'équipe en analysant les réseaux de rédaction d'articles en collaboration (Hicks *et al.*, 2015; Kelly *et al.*, 2020). La création de nouveaux réseaux de collaboration peut aussi être utilisée comme indicateur compte tenu de l'importance croissante de la collaboration en recherche (Bromham *et al.*, 2016; Kelly *et al.*, 2020). En outre, le recours à plusieurs indicateurs réduit la capacité d'une personne à détourner un indicateur donné (Wouters *et al.*, 2019). En soutenant et en hébergeant le Research on Research Institute (RoRI), le Wellcome Trust montre comment un organisme de financement de la recherche en SNG peut stimuler la recherche sur les stratégies d'évaluation de sorte que des indicateurs quantitatifs puissent servir en complément des évaluations qualitatives et fournir aux organismes

34 Le FIR est un indicateur fondé sur les revues. D'après l'analyse des citations dans les revues, une minorité d'articles ont contribué à la majorité de la valeur du FIR (Schmid, 2017), ce qui en fait un piètre indicateur de l'impact des différents articles.

subventionnaires des mécanismes permettant de mesurer les retombées de façon transparente (Hicks *et al.*, 2015; Michelson, 2020). Ces pratiques renforcent les orientations antérieures selon lesquelles les indicateurs quantitatifs demeurent plus utiles en complément plutôt qu'en remplacement du jugement de spécialistes pour l'évaluation de demandes et l'attribution de financement (CAC, 2012b).

Le choix des critères d'évaluation peut également aider les milieux de la recherche à atteindre des objectifs secondaires, comme le respect des principes de la DORA et du RRI. Par exemple, en plus d'interdire les indicateurs problématiques, le Research Excellence Framework (REF) du Royaume-Uni envisage les publications en libre accès uniquement pour sa prochaine série d'évaluations (REF2021, 2020). Par ailleurs, il encourage la qualité par rapport au volume en limitant le nombre de publications pouvant être présentées[35]. Les sciences ouvertes, la formation au doctorat, la culture universitaire et la politique des ressources humaines sont des sujets évalués pour chaque unité de recherche du programme néerlandais (VSNU *et al.*, 2020). Les détracteurs soutiennent parfois que ces ensembles de critères en expansion constituent une forme de « changement d'orientation de la mission » [traduction libre] (Bishop, 2020). Toutefois, l'intégration de ces éléments dans les approches et les cadres d'évaluation permet aux organismes subventionnaires de signaler leur soutien à des objectifs supplémentaires se rapportant aux pratiques et aux normes de publication.

Des cadres d'évaluation inclusifs, associés à des techniques d'évaluation appropriées, peuvent contribuer à mesurer les progrès dans la poursuite d'objectifs sociaux et économiques définis.

Une approche pour évaluer un éventail plus large de retombées de la recherche consiste à élaborer des cadres d'évaluation inclusifs se rapportant aux objectifs fixés par l'organisme ou bien aux retombées prévues par le candidat. Il est possible d'avoir recours à ce type d'approche pour observer les résultats agrégés, afin de déterminer si les programmes ont recruté les bonnes personnes ou ont fourni le portefeuille de recherche souhaité sur la base des rapports finals (ESF, 2012). Par ailleurs, dans le cadre de son initiative Science behind the Projects, le ERC a créé une base de données pour le contenu scientifique de toutes les propositions de recherche qu'il finance. Il serait possible d'utiliser les données qui y sont stockées pour mettre en correspondance les activités des chercheurs subventionnés avec les grands objectifs thématiques (ERC, 2014). De plus, afin de mesurer les progrès, on pourrait prévoir des exigences en matière de rapports expressément adaptées à

35 Cette pratique fait contrepoids à certains des risques liés à l'utilisation de mesures quantitatives, mais la pratique connexe consistant à évaluer les résultats de la recherche présentés au REF a été critiquée dans sa mise en œuvre actuelle comme étant au désavantage des chercheurs en début de carrière et pénalisant les recherches peu prestigieuses, comme la recherche de réplication ou la recherche donnant des résultats négatifs (Torrance, 2019).

cette base de données (ERC, 2018a). Il serait ensuite possible de sélectionner un vaste ensemble d'indicateurs et de les appliquer en fonction de leur pertinence par rapport aux objectifs d'un programme donné (ERC, 2018a). On pourrait définir des indicateurs pour les objectifs de base (par exemple des listes de prix remportés par les bénéficiaires du financement) et des indicateurs non essentiels complémentaires (par exemple le pourcentage de bénéficiaires du financement ayant connu une mobilité professionnelle ascendante pendant ou après le projet) (ERC, 2018a). L'approche du ERC montre comment une vaste collecte de données, combinée à l'expérimentation de différentes approches analytiques, permet de mieux saisir l'information sur différents types d'objectifs et de retombées de la recherche.

L'OCDE (2018d) souligne également les efforts de la Science Foundation Ireland (SFI) à cet égard, lesquels s'articulent autour de déclarations des retombées fournie par les candidats. À la suite de la publication d'une nouvelle stratégie (SFI, 2013), la SFI a accru et mieux ciblé ses efforts pour surveiller les retombées de la recherche, en évaluant cet aspect comme « une partie intégrante du processus d'évaluation après l'octroi » (OCDE, 2018d). De nombreuses bourses de la SFI font désormais l'objet d'une évaluation à mi-parcours au cours de laquelle des spécialistes internationaux des domaines pertinents (p. ex. l'application et la commercialisation de la recherche ou les applications industrielles) évaluent les progrès réalisés en fonction des informations fournies dans la déclaration des retombées initiale. Tous les bénéficiaires d'un financement de la SFI doivent également se conformer à des exigences en matière de production d'un rapport annuel, dans lequel ils doivent déterminer laquelle des 11 déclarations des retombées reflète le mieux celles découlant de leurs travaux. Le personnel du SFI se sert de ces déclarations pour caractériser la gamme et les types de retombées. Ces déclarations constituent aussi un élément de base pour les études de cas portant sur les retombées et contribuent à faire connaître au public de manière détaillée et structurée les retombées des investissements en recherche.

Des outils numériques et une vaste collecte de données peuvent contribuer à mettre en correspondance les pratiques de financement et les résultats de la recherche en orientant ainsi les expérimentations futures.

En plus d'une collecte de données plus vaste, les ensembles de données combinant des renseignements provenant de plusieurs organismes ou programmes de financement pourraient être essentiels pour surmonter deux obstacles majeurs à l'amélioration des évaluations du financement (OCDE, 2018d). Premièrement, pour répondre à certaines questions d'évaluation (en particulier en ce qui concerne l'efficience des pratiques de financement), il faut souvent adopter une approche comparative et mesurer les changements observés dans les résultats par rapport

aux différences dans les processus de financement utilisés. Cependant, étant donné la nécessité de maintenir deux mécanismes parallèles, les organismes subventionnaires ont parfois de la difficulté sur le plan politique et opérationnel à mener des expériences comparatives. Deuxièmement, les échantillons basés sur des programmes uniques peuvent être de petite taille, surtout s'ils sont basés sur des projets pilotes à petite échelle. La mise en commun des données de plusieurs organismes subventionnaires et systèmes de financement pourrait permettre de relever ces deux défis, grâce à l'obtention d'ensembles de données assez volumineux pour étayer des inférences statistiques valides concernant les écarts entre les résultats associés aux différentes pratiques de financement. Il ne serait probablement pas possible de créer des ensembles de données véritablement mondiaux. Toutefois, même des compilations partielles de données anonymisées provenant de plusieurs organismes permettraient de mieux comprendre les effets des différents choix dans la configuration des programmes de financement.

L'OCDE (2018c) fait cependant une mise en garde en soulignant que la qualité et l'interopérabilité des données demeurent des défis importants et que la création, la mise à jour et l'utilisation de grandes bases de données nécessitent des ressources et une expertise considérables. En outre, il ne faut pas négliger les considérations liées à la conception dans leur mise en œuvre. Dans le contexte canadien, l'introduction du CV commun canadien (CVC) visait notamment à améliorer la comparabilité des données et les ensembles de données en découlant susceptibles d'étayer l'évaluation et l'analyse. Cependant, nombre de membres du milieu de la recherche concerné considèrent que cet effort pose problème (Glauser, 2019). Sa conception et ses capacités ont fait l'objet de nombreuses critiques mais, surtout, on considère que ce système impose un lourd fardeau administratif aux chercheurs et qu'il va ainsi à l'encontre de son objectif initial, qui consistait à simplifier les processus de présentation des demandes de subvention et de production des rapports connexes (Glauser, 2017, 2019).

Il semble que les trois organismes fédéraux qui financent la recherche au Canada explorent actuellement le recours à d'autres options offertes par des organisations tierces comme solution de rechange au CVC. Des projets pilotes sont déjà en cours dans d'autres pays pour résoudre les problèmes d'interopérabilité temporaire entre les sources de données (Glauser, 2017). En Nouvelle-Zélande, la plateforme ORCID[36] a pour but de regrouper l'information sur les chercheurs, les subventions et les projets de manière à permettre l'attribution d'identificateurs uniques à des

36 Les chercheurs inscrits sur la plateforme ORCID se voient attribuer un identificateur unique qui peut être utilisé pour mettre en correspondance sans ambiguïté leurs activités et leurs affiliations (ORCID, s.d.).

personnes, à des subventions et à des établissements dans cet environnement de financement (Royal Society of New Zealand, 2017). Cette plateforme a également été utilisée pour surveiller et reconnaître les contributions à l'évaluation par les pairs (ORCID, 2018). D'après Chevalier *et al.* (2020), ces systèmes de données permettent de mettre en œuvre rapidement des solutions évolutives et peu coûteuses pour évaluer les programmes de financement. Ils citent à cet égard un exemple basé sur l'ORCID et la base de données Dimensions Digital Science pour comparer les résultats des programmes pour plusieurs organismes qui appuient la recherche sur le cancer.

De façon générale, il est possible d'associer à ce type d'approches une plus grande expérimentation de la part des organismes de financement de la recherche en SNG. D'après l'OCDE (2018d), il serait possible d'utiliser davantage les études contrefactuelles en évaluant les retombées des propositions ayant donné lieu à un financement dans le cadre d'un concours par rapport aux propositions non retenues qui ont par la suite donné lieu à un financement d'une autre source. De même, Ioannidis (2011) signale que l'absence d'une perspective expérimentale dans le financement de la recherche pose problème en faisant valoir que les essais contrôlés, qui passent par la sélection au hasard de scientifiques consentants dans le cadre de divers mécanismes de financement et la comparaison des résultats et des retombées de leur recherche, pourraient jouer un rôle important dans l'orientation des efforts de financement futurs. Selon un examen des principaux programmes de financement de la recherche dans six pays (Allemagne, Autriche, États-Unis, Pays-Bas, Royaume-Uni et Suisse), Janger *et al.* (2019) « les liens de cause à effet manifestes concernant l'incidence des différences autre titre du financement de la recherche sur les résultats de la recherche sont rares » [traduction libre]. D'après Ioannidis (2011), « il est scandaleux que l'on consacre des milliards de dollars à la recherche sans connaître la meilleure manière de distribuer ces fonds » [traduction libre]. L'adoption d'une approche plus expérimentale et plus rigoureuse en matière d'évaluation, combinée à l'exploitation de nouvelles possibilités dans le cadre de la collecte et de la mise en commun des données, sera essentielle pour mieux orienter l'évaluation comparative des pratiques de financement de la recherche en SNG à l'avenir.

6

Appliquer des pratiques de financement efficaces au Canada

Constatations du chapitre

- Les changements ou les ajouts apportés aux programmes de financement doivent prendre en compte leurs interactions avec d'autres aspects du système de financement, notamment le financement pouvant être offert par l'industrie et les fondations, les modes de soutien aux établissements d'enseignement supérieur, à l'infrastructure de recherche et à l'appareillage ainsi que les points forts et les points faibles de la configuration actuelle de la recherche.
- Le paysage du financement de la recherche en SNG au Canada comprend de multiples organismes subventionnaires, entre autres des organismes fédéraux, provinciaux et territoriaux. Le nombre d'organismes de financement et leur diversité contribuent à la souplesse du système canadien d'appui à la recherche, mais ils augmentent la possibilité de fragmentation, si bien qu'il est parfois difficile de s'y retrouver.
- De nombreux aspects de l'environnement de la recherche échappent au contrôle direct des organismes subventionnaires. Cependant, des organismes comme le CRSNG peuvent jouer un rôle de soutien important en réduisant les obstacles démographiques et institutionnels auxquels se heurtent les chercheurs en début de carrière, en améliorant la diversité au sein du corps professoral, en attirant et en maintenant en poste les chercheurs compétents et en atténuant les effets négatifs de la distribution inégale du financement.
- Les organismes subventionnaires doivent souvent composer avec des priorités concurrentes, par exemple trouver un équilibre entre le soutien à la recherche axée sur les priorités et à celle dirigée par les chercheurs, entre la recherche unidisciplinaire et la recherche interdisciplinaire. Compte tenu des différences entre les pays, les données probantes provenant de l'étranger ne peuvent orienter qu'en partie les mesures des organismes subventionnaires. Toutefois, lorsqu'il s'agit d'équilibrer le niveau de financement et le taux de réussite, la plupart des données montrent une corrélation entre un taux de réussite élevé et une distribution priorisant une plus grande égalité.

Le contexte est essentiel lorsque l'on examine la pertinence des pratiques de financement de la recherche dans la sphère internationale pour les appliquer au Canada. Les différences dans la composition et les caractéristiques du financement de la recherche à l'échelle des pays peuvent modifier les effets des programmes de financement, car peu de chercheurs reçoivent un soutien d'une seule source. La taille et l'envergure ont également leur importance. Les pays dont la population et l'économie sont plus petites ne sont pas simplement des versions à échelle réduite des grands pays. Les organismes de financement de la recherche fonctionnent comme une composante d'un vaste système de soutien. Ils déterminent leurs stratégies et leurs mesures en tenant compte de leur rôle par rapport à celui des autres organismes subventionnaires et des établissements. Dans cet esprit, nous traitons dans le présent chapitre du contexte de financement de la recherche en SNG au Canada, en soulignant les points forts et les défis qui pourraient influer sur le mode d'application au Canada des pratiques analysées dans les chapitres précédents. En conclusion du chapitre, nous passons en revue les principales tensions entre les objectifs de financement évoqués dans les chapitres précédents et analysons les mesures à la disposition des organismes subventionnaires comme le CRSNG pour atténuer ces tensions.

6.1 Examen des options

Dans les chapitres 3, 4 et 5, nous avons examiné les pratiques de financement utilisées par les organismes pour atteindre des objectifs précis. Le tableau 6.1 présente certaines pratiques prometteuses et efficaces recensées par le comité d'experts. Comme nous l'avons expliqué au chapitre 1, les *pratiques efficaces* sont celles qui, d'après les évaluations des programmes et les études évaluées par des pairs, ont manifestement atteint les objectifs établis. Les *pratiques prometteuses* sont celles qui, selon le comité d'experts, étaient susceptibles d'atteindre un ou plusieurs objectifs établis, mais dont le succès a été montré dans une mesure limitée jusqu'alors. Nous faisons état des pratiques problématiques dans les chapitres précédents, mais elles ne figurent pas dans le tableau ci-après.

Il est important de prendre conscience que les objectifs de financement ne sont pas toujours en harmonie. Il est possible qu'une pratique permettant d'atteindre un objectif soit problématique par rapport aux autres. Le fait que le comité d'experts considère qu'une pratique est efficace n'indique pas que son succès est inconditionnel ou sans inconvénient. Par exemple, comme nous l'avons vu dans les sections 3.2 et 4.3, les subventions individuelles sont attrayantes pour offrir aux chercheurs la flexibilité de poursuivre les recherches les plus importantes et, en particulier, pour donner davantage de moyens aux chercheurs en début de carrière (CDC). Toutefois les biais dans les processus d'évaluation ont parfois eu des effets négatifs sur l'équité (Witteman *et al.*, 2019). En améliorant l'équité du financement grâce à des subventions plus nombreuses de plus faible valeur, on peut aider les CDC. En revanche, cette pratique alourdit leur charge de travail, car ils doivent présenter un plus grand nombre de demandes pour parvenir au même niveau de financement. Dans d'autres cas, les pratiques comportent des avantages supplémentaires. La réduction du fardeau administratif profite aux chercheurs (en particulier ceux en début de carrière ou issus de groupes sous-représentés) en facilitant et en accélérant les demandes de subvention et en améliorant également l'efficience du financement. En outre, une diversité accrue améliore la productivité et les retombées scientifiques, car un milieu de la recherche plus diversifié est mieux en mesure de remédier aux biais, d'envisager un plus large éventail d'hypothèses scientifiques et d'utiliser divers types de données probantes (Intemann, 2009).

Tableau 6.1 Certaines pratiques de financement pertinentes pour le Canada

Objectif	Pratique	Exemples
Soutien des chercheurs tout au long de leur carrière	Segmentation des subventions selon l'étape de la carrière	• Subventions de démarrage, subventions de consolidation et subventions pour chercheurs expérimentés (ERC) • Veni Vidi Vici (NWO)
	Financement réservé aux chercheurs des établissements et des régions peu compétitives	• Programme EPSCoR RII Track-1 (NSF) • Fonds Strength in Places (Royaume-Uni)
	Critères d'évaluation prenant en compte diverses contributions à la recherche	• Essai biographique (NSF) • Research Opportunity and Performance Evaluation (ROPE) Statement (ARC)
	Financement de transition	• High Priority, Short Term Project Awards (NIH)
	Financement de postes de personnel scientifique	• Bourses R50 (National Cancer Institute)
Promotion de l'équité, de la diversité et de l'inclusion (EDI) dans le milieu de la recherche	Possibilités de financement et bourses ciblées	• Rosalind Franklin Fellowships (Université de Groningen) • Georgina Sweet Fellowships (ARC)
	Objectifs de diversité	• Mise en œuvre dans le cadre des chaires de recherche du Canada
	Financement de la recherche sur les pratiques en matière d'EDI et de leur mise en commun	• Programme ADVANCE (NSF)
	Évaluation des efforts de promotion de l'EDI comme critère d'évaluation des demandes de subvention de projet	• Critère d'évaluation Broader Impacts (NSF) • Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies (Canada)
	Charte sur l'égalité	• Initiative Athena SWAN (Royaume-Uni)
	Établissement d'un lien entre les chartes et l'admissibilité au financement	• National Institute for Health Research (Royaume-Uni)
Soutien de la recherche et des chercheurs autochtones	Financement de projets distinct	• Discovery Indigenous (ARC) • SAMISK (RCN)
	Comités d'évaluation des demandes de subvention distincts	• National Health and Medical Research Council (Australie)
	Lignes directrices en matière d'éthique sur la recherche autochtone	• Énoncé de politique des trois conseils : Éthique de la recherche avec des êtres humains, 2e édition (Canada)
	Financement d'organismes de recherche dirigés par des Autochtones	• Native American Research Centers for Health (NARCH)

Pratique efficace

Pratique prometteuse

(suite à la page suivante)

Objectif	Pratique	Exemples
Soutien de la recherche interdis-ciplinaire	Exigences pour l'établissement de nouveaux partenariats dans les programmes de collaboration	• Programme Research Grants (HFSPO)
	Exigences pour justifier une approche interdisciplinaire	• Subventions de synergie (ERC) • Volet Exploration (FNFR)
	Ateliers thématiques interdisciplinaires aboutissant à la présentation de propositions	• Scialog (Research Corporation for Science Advancement) • Idélab (RCN)
Soutien de la recherche à haut risque	Subventions de longue durée (cinq ans ou plus)	• Subventions pour chercheurs expérimentés (ERC) • New Exploratory Research and Discovery Program (Novo Nordisk Foundation)
	Évaluation des demandes en double aveugle	• Experiment! (Volkswagen Foundation) • Transformative Research Scheme (ESRC)
	Initiatives axées sur la résolution de problèmes bénéficiant un financement de longue durée	• Défis sociétaux (Commission européenne) • National Nanotechnology Initiative (États-Unis)
Maintien de la flexibilité du financement	Appels de propositions ouverts	• Linkage Projects (ARC) • COVID-19 Rapid Response Rolling Call (NIHR)
	Offre de financement de démarrage ou en temps opportun	• Scialog (Research Corporation for Science Advancement)
Amélioration de l'efficience et réduction du fardeau administratif	Présélection pour réduire le bassin de candidats	• Bourse Director's Pioneer (NIH) • Volet Exploration (FNFR)
	Restrictions relatives à la présentation des demandes aux concours successifs	• Gestion des demandes (UKRI) • Subventions pour chercheurs expérimentés (ERC)
	Évaluation par les pairs distribuée	• Programme Open Competition Domain Science – XS (NWO)
	Tirage au sort après une présélection des propositions	• Subventions Explorer (New Zealand Health Research Council)
Amélioration de l'accès à la recherche et des retombées pour la société	Infrastructure pour les articles à libre accès	• PubMed Central (NIH)
	Évaluation des résultats obtenus à l'extérieur du milieu universitaires	• Critère d'évaluation Broader Impacts (NSF)
	Consultations pour aiguiller les orientations stratégiques	• Défis sociétaux (Commission européenne) • Dutch National Research Agenda (NWO)
Évaluation des pratiques de financement	Cadres généraux pour prendre en compte divers extrants	• Stratégie de surveillance et d'évaluation 2018 (ERC)
	Expériences de financement contrôlées	• Experiment! (Volkswagen Foundation)
	Mise en commun des données entre les organismes subventionnaires	(Aucun exemple recensé)

Pratique efficace

Pratique prometteuse

Le CRSNG et d'autres organismes subventionnaires canadiens utilisent déjà sous diverses formes de nombreuses pratiques présentées dans ce tableau. Ils pourraient adopter certaines autres pratiques en créant de nouveaux programmes ou en élargissant la portée de programmes en place. Par exemple, le Programme de subventions à la découverte du CRSNG est représentatif de plusieurs pratiques de recherche positives recensées par le comité d'experts. La valeur de ces subventions est relativement faible (les résultats du concours de 2020 se chiffrent en moyenne à 145 000 $ sur cinq ans pour les chercheurs en début de carrière et à 205 000 $ sur cinq ans pour les chercheurs établis), mais le taux de réussite est constamment supérieur à 50 % depuis 2016 et atteint même 90 % pour certaines catégories de candidats (CRSNG, 2020c). Un taux de réussite élevé est avantageux pour les chercheurs en début de carrière et aux fins du renforcement des capacités de recherche. Étant donné que ces subventions sont liées à un chercheur plutôt qu'à un projet particulier et que leur période de validité est supérieure à la moyenne de cinq ans, elles offrent une combinaison de flexibilité et de stabilité relative (CRSNG, 2014; OCDE, 2018d). En outre, le Programme des subventions à la découverte axée sur le développement du CRSNG offre également un financement de transition (section 3.1) aux chercheurs des petites universités sous forme d'une subvention de courte durée aux candidats qui se situent immédiatement sous le seuil de financement des subventions à la découverte (CRSNG, 2020e). En ouvrant ce programme à tous les chercheurs, le CSRNG pourrait améliorer l'accès à un financement stable. On ne sait pas exactement si les subventions à la découverte sont particulièrement efficaces pour soutenir la recherche à haut risque, il y a lieu de croire que leur durée, leur souplesse et le taux de réussite élevé qui y est associé concourent à permettre aux chercheurs de prendre certains risques (CRSNG, 2014, 2020d).

Dans d'autres cas, il pourrait être nécessaire d'apporter des améliorations aux pratiques actuelles. Par exemple, en ce qui a trait au CV commun canadien (CCV), les efforts déployés pour améliorer l'efficience ont plutôt alourdi le fardeau administratif imposé à de nombreux chercheurs (Glauser, 2017, 2019), sans nécessairement produire une source de données plus robuste pour l'évaluation. Les organismes subventionnaires canadiens ont également récemment lancé de nouvelles initiatives dans divers domaines, notamment pour améliorer l'EDI, soutenir la recherche interdisciplinaire à haut risque, et mieux soutenir la recherche autochtone. Il n'est pas encore possible d'évaluer le succès de ces efforts, mais le Canada peut tout de même tirer profit des leçons apprises à l'étrange à mesure qu'il peaufinera ces programmes au fil du temps.

6.2 Contexte de financement de la recherche en SNG au Canada

À mesure que le CRSNG et d'autres organismes subventionnaires canadiens élargissent ou adaptent leur portefeuille, ils peuvent tirer parti des données probantes se rapportant à des efforts similaires déployés ailleurs. Cependant, tout changement ou ajout aux programmes en place doit prendre en compte la manière dont ils s'harmoniseraient avec les caractéristiques existantes du système de financement, y compris le mode de financement des établissements d'enseignement supérieur canadiens et celui des infrastructures et de l'appareillage (y compris les coûts indirects et les coûts de fonctionnement au titre de la recherche) ainsi que l'évolution du paysage des sciences naturelles et du génie au Canada.

Le paysage de la R-D au Canada se distingue parmi les pays de l'OCDE en raison de la part importante de la recherche menée dans le secteur de l'enseignement supérieur et du faible niveau de R-D menée dans les entreprises.

En 2019, environ 32 milliards de dollars ont été consacrés à la recherche en SNG au Canada (StatCan, 2020a). Le gouvernement fédéral a pris en charge environ 18 % de ces dépenses, dont environ la moitié (2,8 milliards de dollars) a servi à appuyer la recherche et le développement réalisés par des chercheurs du secteur de l'enseignement supérieur (universités et collèges), lesquels jouent un rôle de premier plan dans le système de recherche du Canada. En 2017, les universités et les collèges ont réalisé 40 % de la R-D au pays. En comparaison, les établissements d'enseignement supérieur n'ont réalisé que 13 % de la R-D aux États-Unis et 17 % en moyenne dans les pays de l'OCDE (tableau 6.2) (OCDE, 2020b). En revanche, les entreprises et les organismes à but non lucratif réalisent relativement moins de R-D au Canada. Parmi les pays de l'OCDE, la répartition de la R-D est similaire en Norvège. Toutefois, les dépenses totales en R-D du Canada par rapport à la taille de son économie sont plus faibles. Selon cette mesure, notre pays se classe à l'heure actuelle nettement sous la moyenne de l'OCDE et à un niveau inférieur à la moitié du rapport enregistré par les pays dominants, comme la Corée du Sud.

Tableau 6.2 Rendement de la R-D par secteur, 2017

	Entreprises		Enseignement supérieur		Gouvernement		Secteurs privé et à but non lucratif	R-D totale
	% de la R-D totale	% du PIB	% de la R-D totale	% du PIB	% de la R-D totale	% du PIB	% de la R-D totale	% du PIB
Corée du Sud	79	3,41	8	0,36	11	0,46	1,4	4,29
États-Unis	73	2,05	13	0,37	10	0,28	4,3	2,81
Moyenne de l'OCDE	70	1,65	17	0,41	10	0,23	2,4	2,34
France	65	1,44	21	0,46	12	0,28	1,6	2,20
Norvège	53	1,10	34	0,71	14	0,29	–	2,10
Canada	52	0,87	40	0,67	7	0,12	0,5	1,67

Source des données : OCDE (2020b)

Le tableau ci-dessus montre la répartition des dépenses brutes de R-D par *secteur d'exécution* (c.-à-d. le secteur où la R-D a été réalisée) et la R-D en pourcentage du PIB. Les pays sont classés par ordre décroissant de la part de la R-D réalisée par le secteur des entreprises. Remarque : Les données sur la *source* de financement révèlent une tendance similaire. En 2017 au Canada, 42 % de la R-D a été financée par le secteur des entreprises, comparativement à une moyenne de 62 % parmi les pays de l'OCDE.

Cette tendance soit en partie attribuable en partie à l'ampleur de la R-D dans le secteur de l'enseignement supérieur par rapport au produit intérieur brut (PIB) (le Canada se classe actuellement au 6e rang parmi les pays de l'OCDE selon cette mesure), mais la constante faiblesse de la R-D dans le secteur des entreprises constitue un facteur plus important. Le niveau d'activité en R-D faible et en baisse dans le secteur des entreprises a érodé la compétitivité globale du Canada en matière de recherche au cours des dernières décennies. L'investissement total du Canada dans la R-D en pourcentage du PIB est inférieur à la moyenne de l'OCDE et se classe à l'avant-dernier rang parmi les pays du G7 (OCDE, 2020e). Le pourcentage de la population active occupant un emploi en recherche a diminué entre 2011 et 2017, alors qu'il a augmenté de façon générale dans les pays de l'OCDE (OCDE, 2021a). Par ailleurs, le nombre de personnes travaillant en R-D en dehors du secteur de l'enseignement supérieur au Canada a diminué entre 2008 et 2017 (StatCan, 2019b).

De nombreuses raisons ont été avancées pour expliquer pourquoi les entreprises canadiennes sous-investissent dans la R-D, entre autres un manque de pressions concurrentielles et de régimes réglementaires de protection, l'intégration des

entreprises canadiennes dans les chaînes de valeur nord-américaines, la commercialisation inadéquate de la recherche universitaire et une culture d'entreprise plus réticente au risque (CAC, 2009, 2013, 2018). Il est impossible de savoir exactement quelle est la cause de cette tendance, mais les établissements d'enseignement supérieur jouent un rôle relativement plus important dans les activités de recherche au Canada, si bien que les possibilités de collaboration en R-D avec l'industrie sont comparativement moins courantes.

Toutefois, les collèges et les écoles polytechniques du Canada jouent un rôle important dans le soutien de ces collaborations. La plus grande partie de la recherche universitaire en SNG au Canada est menée dans des universités où il se fait beaucoup de recherche (les 15 plus grandes universités du Canada obtiennent près de 80 % des fonds de recherche alloués par voie de concours) (CRSNG, 2020c; U15, 2020), les chercheurs des collèges et des écoles polytechniques entreprennent de plus en plus de petits projets de R-D en collaboration avec l'industrie. Selon Polytechnics Canada, ses membres ont réalisé en 2019 et en 2020 plus de 3 000 projets de recherche appliquée auxquels ont participé plus de 2 000 partenaires de l'industrie (Polytechnics Canada, 2020). De plus, les collèges et instituts canadiens ont participé en 2018 à plus de 7 300 partenariats de recherche (Amyot, 2019). Le Programme d'innovation dans les collèges et la communauté (ICC) administré par le CRSNG est une importante source de soutien à cette recherche, et le financement offert par le gouvernement fédéral et d'autres sources pour la recherche dans ces établissements va en augmentant (RE$EARCH MONEY et Collèges et instituts Canada, 2019).

Le rendement de la recherche au Canada dans de nombreux domaines des SNG est modeste, et la croissance a stagné ces dernières années en raison d'une réduction du nombre de publications du gouvernement et de l'industrie.

D'après les indicateurs fondés sur les citations, le Canada demeure l'un des pays qui contribuent le plus à la recherche mondiale dans de nombreux domaines (CAC, 2018). Les publications canadiennes dans certains domaines de la recherche en SNG (y compris la chimie, les technologies habilitantes et stratégiques[37], l'ingénierie, les mathématiques et les statistiques, la physique et l'astronomie) sont toutefois modestes par rapport à celles d'autres pays. Le CAC (2018) note que « 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 ». Même dans les domaines émergents où les chercheurs et les établissements

37 Cette catégorie comprend plusieurs sous-domaines émergents comme la bio-informatique, l'énergie, la nanotechnologie et la photonique (CAC, 2018).

canadiens ont joué un rôle clé dans le développement, le Canada est en retard sur les autres pays qui augmentent rapidement leurs efforts d'après les indicateurs bibliométriques et les données sur les brevets (Naylor *et al.*, 2017; CAC, 2018). En outre, le nombre de publications de recherche au Canada a cessé de progresser ces dernières années sous l'effet de la diminution du nombre de publications de l'industrie et des installations gouvernementales (CRSNG, 2020c). Par exemple, le nombre de publications du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) a diminué de plus de 50 % entre 2009 et 2014 (CAC, 2018).

L'environnement de recherche en SNG au Canada comprend de nombreux organismes subventionnaires, y compris des organismes fédéraux, provinciaux et territoriaux.

Le CRSNG est loin d'être la seule source de financement de la recherche en SNG attribué par voie de concours au Canada. À l'échelle nationale, la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI), Génome Canada, Mitacs, l'Institut canadien de recherches avancées (ICAR), Calcul Canada et l'Institut Périmètre de physique théorique, entre autres, appuient aussi la recherche. La répartition des rôles et des responsabilités en matière de financement entre ces organisations est donc complexe. Certaines (p. ex. Génome Canada) se concentrent sur un domaine particulier. D'autres, comme Mitacs et la FCI, jouent un rôle précis : Mitacs appuie le perfectionnement et la formation des chercheurs et favorise l'établissement de collaborations avec l'industrie, tandis que la FCI est le principal instrument d'investissement du gouvernement fédéral dans les grandes infrastructures de recherche. L'existence d'une organisation tierce qui se consacre au financement des infrastructures permet de garantir que les décisions de financement sont partiellement protégées des influences politiques (Naylor *et al.*, 2017). Cependant, la séparation du financement des infrastructures et du financement de leur fonctionnement ajoute à la complexité et au fardeau administratif pour les chercheurs.

La présence d'organismes subventionnaires provinciaux et territoriaux, ayant chacun des objectifs, des programmes et des structures de financement qui lui sont propres, amplifie cette complexité. Les provinces et les territoires disposent de leurs propres mécanismes de financement de la recherche en SNG, par l'intermédiaire d'organismes spécialisés (comme le Fonds de recherche du Québec) ou de programmes tributaires des ministères. Collectivement, les gouvernements provinciaux et territoriaux ont versé 1,5 milliard de dollars au titre du financement de la recherche en SNG en 2019 (StatCan, 2020a). Certaines provinces disposent de mécanismes conçus expressément pour tirer parti du financement de la FCI, qui exige un financement de contrepartie des provinces ou de l'industrie, si bien que les chercheurs de ces provinces ont plus facilement

accès au soutien de la FCI (Naylor *et al.*, 2017). Les organismes régionaux, comme le réseau organisé sous l'égide de Génome Canada, offrent des possibilités de renforcer la capacité de recherche locale et de répondre à des besoins régionaux particuliers, mais ils ajoutent une couche de complexité. Au Canada, le secteur privé à but non lucratif n'est pas une source majeure de financement dans la plupart des domaines, mais les chercheurs canadiens bénéficient du soutien de fondations établies dans d'autres pays.

Les résultats des évaluations récentes ont été positifs en ce qui a trait aux contributions de bon nombre de ces organismes subventionnaires tiers indépendants au paysage de la recherche au Canada. La FCI a contribué de manière importante à la création d'une capacité de recherche de calibre mondial au Canada (Halliwell, s.d.). Selon 60 % des chercheurs les plus cités dans le monde, le Canada est doté d'une infrastructure ou de programmes de recherche de calibre mondial dans leur domaine (CAC, 2018). L'Institut canadien de recherches avancées a favorisé la collaboration interdisciplinaire et internationale et permis aux CDC de progresser grâce à son soutien et à ses activités de diffusion (ISDE, 2017b). Mitacs a favorisé l'établissement de liens entre le milieu universitaire et l'industrie et aidé le Canada à retenir les CDC (ISDE, 2017c). Génome Canada a contribué aux forces du Canada dans la recherche en génomique (ISDE, 2020). L'Institut Périmètre de physique théorique a quant à lui renforcé la capacité du Canada en physique théorique, ce qui a contribué à faire du Canada un chef de file mondial dans le domaine (ISDE, 2017a).

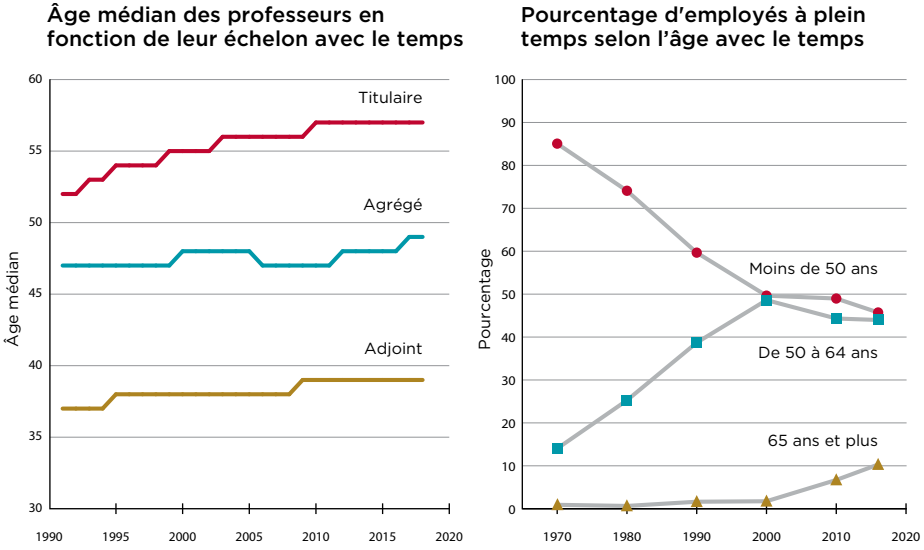
Toutefois, en raison du nombre et de la diversité des organismes subventionnaires canadiens, les chercheurs peuvent avoir de la difficulté à naviguer dans ce paysage (Naylor *et al.*, 2017). Les chercheurs doivent parfois demander du financement à plusieurs organismes dans le cadre de plusieurs programmes, qui comportent chacun des critères d'admissibilité, des exigences pour la présentation des demandes et des délais qui lui sont propres. En ce qui a trait aux organismes subventionnaires fédéraux, le Comité de la coordination de la recherche au Canada (CCRC) a récemment été créé pour relever ce défi dans le contexte fédéral. Il a pour mandat de « de veiller à une plus grande harmonisation, intégration et coordination des programmes et des politiques en matière de recherche et d'aborder les enjeux communs aux organismes subventionnaires et à la FCI » (GC, 2020d). Ce comité peut contribuer à harmoniser les activités des organismes de financement de la recherche du Canada (ou aider les chercheurs à naviguer dans ce paysage). Il a créé un répertoire des programmes de financement offerts par les organismes subventionnaires fédéraux. Toutefois, le rôle du CCRC dans le lancement du fonds Nouvelles frontières en recherche (FNFR) et d'autres appels de propositions laisse entrevoir une fonction qui évolue pour aller au-delà de celle d'un organisme de coordination (CCRC, 2019).

6.3 Défis systémiques et améliorations potentielles

Le système canadien de soutien à la recherche en SNG a maintenu sa capacité à contribuer à la recherche de pointe dans de nombreux domaines (CAC, 2018). Toutefois, le comité d'experts a observé plusieurs défis systémiques qui présentent des possibilités d'amélioration si les organismes subventionnaires peuvent travailler efficacement avec d'autres parties prenantes.

Les possibilités d'avancement limitées et l'inégalité d'accès à l'éducation contribuent à des défis en matière d'équité, de diversité et d'inclusion dans la recherche canadienne.

Les facteurs démographiques ont une incidence sur la progression professionnelle de nombreux chercheurs au Canada. L'élimination de la retraite obligatoire a ralenti le départ de professeurs dans les universités canadiennes (Worswick, 2005). Selon Naylor *et al*. (2017), cette situation limite les possibilités pour les CDC de bâtir une carrière universitaire indépendante et retarde l'entrée de membres de groupes sous-représentés. Depuis 1991, l'âge médian des professeurs titulaires au Canada a été ramené de 52 à 57 ans, tandis que la proportion du personnel enseignant à temps plein dans les universités ayant plus de 65 ans est passée de 2 à 10 % et que la proportion de professeurs de moins de 50 ans a chuté de 50 à 46 % (figure 6.1) (StatCan, 2018, 2019a). Des tendances similaires ont été observées aux États-Unis, où la retraite obligatoire dans les établissements d'enseignement supérieur a également été éliminée en 1994 (Ghaffarzadegan et Xu, 2018). Dans les disciplines scientifiques, techniques et de la santé, la proportion de professeurs de plus de 65 ans y est passée de 4 à 11 % entre 1995 et 2010, tandis que la proportion de ceux de moins de 50 ans a chuté de 55 à 46 % (Ghaffarzadegan et Xu, 2018). Parallèlement, dans la plupart des États membres de l'Union européenne, le groupe d'âge de 35 à 49 ans représente la plus grande proportion du personnel universitaire (Eurydice Report, 2017). On observe des variations entre les pays quant à la manière dont ce personnel est défini, mais les statistiques de certains pays permettent d'établir des comparaisons raisonnables avec le contexte canadien. Par exemple, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni, la proportion du personnel universitaire à plein temps de moins de 50 ans se chiffre respectivement à 61 et à 72 % (VSNU, 2019; Advance HE, 2020c).

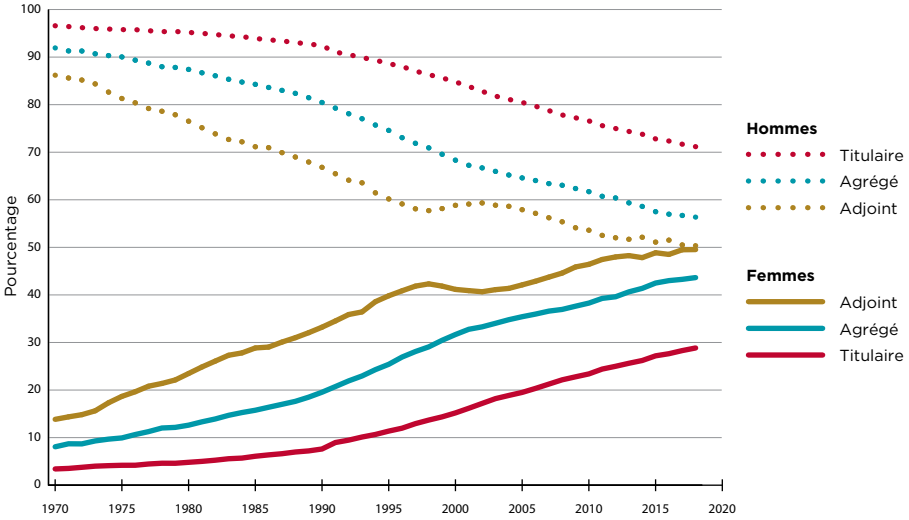


Source de données : StatCan (2018, 2019a)

Figure 6.1 Le vieillissement du personnel enseignant au Canada

Les données indiquant l'âge médian selon le rang sont présentées pour toutes les années comprises entre 1991 et 2018. Celles indiquant le pourcentage d'employés à temps plein selon l'âge sont présentées pour les années comprises entre 1970 et 2016. Chaque année mentionnée correspond au début d'une période de référence d'un an : par exemple, les données de 1970 représentent la période de référence 1970-1971.

Le nombre croissant de professeurs qui retardent leur départ à la retraite, combiné à une réduction de l'embauche de nouveaux professeurs menant à la permanence, ralentit l'entrée de jeunes chercheurs dans le corps professoral à l'échelle de l'Amérique du Nord (Faucher, 2014; Kezar *et al.*, 2016). Cette inertie démographique ralentit également les progrès en matière d'équité, de diversité et d'inclusion (EDI) : l'écart entre les genres dans le corps professoral diminue à tous les échelons, mais il est actuellement le plus marqué parmi les professeurs titulaires (StatCan, 2019a) (figure 6.2). Toutefois, un éventail de biais liés au genre et de pressions sociétales peuvent contribuer à la création d'une « filière percée » (CAC, 2012a; Witteman *et al.*, 2019). Malgré leur corps professoral plus jeune, on observe dans une majorité des pays de l'Union européenne un écart entre les genres à l'échelon des professeurs titulaires plus important qu'au Canada (Commission européenne, 2019). En 2016, dans l'Union européenne, en moyenne, 24 % des



Source de données : StatCan (2019a)

Figure 6.2 Proportion de chercheurs au sein du corps professoral canadien par rang et genre

Les données sont présentées pour toutes les années comprises entre 1970 et 2018. Dans celles de 2018, le genre « inconnu ou autre » a été indiqué par 0,2 % des professeurs. Ces données ont été exclues du graphique. Chaque année mentionnée correspond au début d'une période de référence d'un an : par exemple, les données de 1970 représentent la période de référence 1970-1971.

professeurs de rang supérieur étaient des femmes, contre 28 % au Canada (Commission européenne, 2019). Aux États-Unis, l'écart est légèrement plus faible, car 34 % des professeurs titulaires étaient des femmes en 2018 (NCES, 2019)[38].

Des mesures d'aide ciblées pour les chercheurs en début et en milieu de carrière peuvent atténuer certains défis sur le front de l'EDI attribuables aux possibilités d'avancement limitées. Le programme Dimensions EDI (GC, 2019d), représente une étape importante. Par ailleurs, une formation sur les préjugés à l'intention des évaluateurs et une formation sur l'*analyse comparative entre les sexes plus* à l'intention du personnel, offertes depuis peu, pourraient réduire les biais et les obstacles dans les programmes de financement présentés à la section 3.2 (CCRC, 2019). Il est possible d'adapter la subvention de renforcement de la capacité des établissements en matière d'EDI, actuellement en phase pilote, afin de soutenir

38 Comparaison complète : Au Canada, 49,5 % des professeurs adjoints, 43,6 % des professeurs agrégés et 28,8 % des professeurs titulaires étaient des femmes en 2018 (StatCan, 2019a), comparativement à 52,3 % des professeurs adjoints, 45,9 % des professeurs agrégés et 33,5 % des professeurs titulaires aux États-Unis (NCES, 2019).

davantage l'innovation et l'évaluation des pratiques en matière d'EDI, comme le montre le programme ADVANCE de la NSF (CRSNG, 2020k; NSF, 2020f). En outre, il faudrait prendre en compte les effets de l'augmentation des efforts au chapitre des services à la communauté universitaire parmi les groupes sous-représentés à mesure que ces programmes sont mis en œuvre.

Toutefois, certains groupes sous-représentés sont encore loin d'être équitablement représentés, même au rang de professeur adjoint. Les disparités dans l'accès à l'enseignement primaire et secondaire limitent le nombre d'étudiants autochtones ou handicapés qui participent à la formation en recherche (Parkin, 2015; CCDP, 2017). En 2016, par rapport à la population générale, les Autochtones du Canada étaient moins susceptibles de détenir un diplôme universitaire (notamment de maîtrise et de doctorat) et l'étaient deux fois moins de détenir un diplôme d'études secondaires (StatCan, 2017). L'amélioration de l'EDI dans le milieu de la recherche à long terme peut donc nécessiter une intervention plus tôt au cours des études. À cet égard, les programmes qui offrent aux étudiants autochtones de premier cycle la possibilité d'acquérir une expérience en recherche tout en étant rémunérés, comme le programme Pathway to Graduate Studies de l'Université de Winnipeg sont prometteurs (UWinnipeg, 2020). Research Experiences for Undergraduates, programme similaire financé par la NSF, offre à des étudiants de divers groupes sous-représentés, y compris les personnes handicapées, d'acquérir une expérience en recherche (Beninson *et al.*, 2011; Davenport, 2014) et pourrait servir de modèle pour élargir la portée du programme de l'Université de Winnipeg ou créer de nouveaux programmes canadiens.

Il est possible de faire davantage pour améliorer le soutien à la recherche et aux chercheurs autochtones, notamment en améliorant la reconnaissance et le financement des établissements d'enseignement supérieur autochtones.

Le Canada fait des progrès en appuyant mieux la recherche et les chercheurs autochtones. L'*Énoncé de politique des trois conseils : Éthique de la recherche avec des êtres humains* (EPTC2) a contribué à une transition vers l'établissement de relations équitables entre les chercheurs et les communautés autochtones (Moore *et al.*, 2017; Morton Ninomiya et Pollock, 2017). Le CCRC a favorisé divers échanges avec les organismes autochtones au sujet de leurs besoins en recherche (CCRC, 2019). En réponse aux commentaires selon lesquels l'exigence actuelle d'affiliation à un établissement pour l'admissibilité au financement peut constituer un

obstacle pour les chercheurs autochtones, le gouvernement du Canada s'est engagé à réviser les lignes directrices sur l'admissibilité, afin d'assurer un soutien pour les organismes de recherche autochtones (GC, 2019a). Ces organismes et leurs chercheurs affiliés sont maintenant admissibles aux subventions Projet offertes par les IRSC (IRSC, 2020a). Les IRSC se sont également engagés à encadrer et à former des chercheurs autochtones à partir du premier cycle, à allouer 100,8 millions de dollars pour la création d'un réseau de centres de recherche en santé dirigée par des Autochtones (IRSC, 2019a; GC, 2020a). Les trois organismes subventionnaires fédéraux ont annoncé en 2020 la création du Groupe de référence sur les bonnes pratiques d'évaluation par les pairs pour la recherche autochtone (IRSC, 2020c).

En plus de ces démarches et d'autres initiatives en cours, une reconnaissance plus large des établissements d'enseignement supérieur régis par des Autochtones pourrait contribuer à faire en sorte que les organismes de recherche autochtones obtiennent un financement et que les écarts dans les études précédant la recherche aux cycles supérieurs soient corrigés. La Nouvelle-Zélande accorde aux établissements d'enseignement supérieur dirigés par des Autochtones le même statut et la même admissibilité au financement que les universités traditionnelles (Durie, 2009). En outre, la *Loi de 2017 sur les établissements autochtones* de l'Ontario autorise les établissements autochtones à décerner des diplômes postsecondaires (Gouv. de l'Ont., 2017). Cependant, les conflits entre le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux au Canada ont contribué au sous-financement de ces établissements (Ríos *et al*., 2020). Compte tenu des multiples établissements et instances qui interviennent dans le domaine de l'enseignement et de la recherche autochtones, il serait possible d'explorer des modèles de partenariat. À titre d'exemple, le programme des NARCH repose sur un partenariat entre les NIH et le Indian Health Service, qui a fait ses preuves en matière de financement de projets de recherche autochtones et de perfectionnement de chercheurs autochtones (Gittelsohn *et al*., 2020). Le CRSNG pourrait s'en inspirer pour établir un partenariat similaire avec des organismes comme Services aux Autochtones Canada ou les organismes provinciaux responsables de l'enseignement supérieur, en particulier si l'on pouvait assurer une reconnaissance pancanadienne des organismes autochtones comme celle dont bénéficient les Tribal Colleges and Universities des États-Unis.

Le CRSNG et d'autres organismes subventionnaires peuvent continuer de renforcer le rôle du Canada comme destination pour les étudiants étrangers et comme participant actif aux réseaux de recherche internationaux.

Le Canada est un maillon important dans la mobilité des chercheurs à l'échelle internationale (Sugimoto *et al*., 2017), peut-être en raison de l'attrait qu'il présente pour les étudiants étrangers. La proportion d'étudiants étrangers au doctorat dans les universités canadiennes a augmenté régulièrement au cours des dernières années, pour atteindre 35 % en 2017 (StatCan, 2020b). Dans certaines disciplines des SNG, comme de nombreux domaines de l'ingénierie, ces étudiants constituent désormais la majorité de la cohorte (StatCan, 2020b).

L'évolution des réalités politiques dans d'autres pays pourrait donner au Canada l'occasion d'attirer une plus grande proportion de chercheurs étrangers (Redden, 2017; Sugimoto *et al*., 2017). Le renforcement de la capacité de recherche globale du Canada peut contribuer à en faire une destination attrayante pour les chercheurs et les étudiants (Cuntz, 2016), mais un financement ciblé pour des programmes de recrutement international et de soutien distinct pourrait également apporter une amélioration (Naylor *et al*., 2017; Ferreira et Klutsch, 2018). Il est possible d'améliorer les perspectives de carrière des chercheurs étrangers en leur apportant un soutien en matière de réinstallation, d'immigration et d'intégration, car ces processus constituent actuellement des obstacles (Ferreira et Klutsch, 2018). Le soutien de la mobilité pourrait inclure le financement des frais de déménagement ou des mesures d'aides pour le conjoint ou la conjointe d'un chercheur (p.ex. du soutien financier ou un emploi). À l'heure actuelle, des universités offrent ce type d'incitatifs, mais les organismes subventionnaires canadiens pourraient également jouer un rôle. Par exemple, le Swedish Research Council apporte un soutien aux familles dans le cadre de sa subvention postdoctorale internationale (Swedish Research Council, 2020).

Le Canada pourrait aussi y gagner en offrant un soutien supplémentaire pour la formation de chercheurs dans d'autres pays. Les préoccupations antérieures concernant le maintien en poste de chercheurs de premier plan mettaient grandement l'accent sur une « fuite de cerveaux » vers les États-Unis. Signalons que 70 % des chercheurs canadiens travaillant à l'étranger dans certaines disciplines des SNG en 2011 étaient en poste aux États-Unis. (Franzoni *et al*., 2012). Toutefois, les chercheurs en poste à l'étranger conservent de nombreux liens avec leur pays d'origine (Sugimoto *et al*., 2017). Selon les données d'une enquête, les chercheurs canadiens à l'étranger ont souvent l'intention de revenir au Canada si une possibilité se présente à eux (Franzoni *et al*., 2012). Les bourses permettant aux Canadiens d'étudier à l'étranger pourraient donc vraisemblablement contribuer au renforcement de la capacité de recherche canadienne, pourvu qu'il existe des possibilités suffisantes pour les chercheurs de poursuivre leur carrière au Canada.

Le Canada affiche un taux de collaboration internationale élevé (NSB, 2020b), mais son taux de collaboration interprovinciale est relativement faible (CAC, 2018). Les programmes qui créent des liens interprovinciaux peuvent également fournir une occasion d'accroître la collaboration et les retombées. Pour créer des liens interprovinciaux au Canada, on pourrait s'inspirer des pratiques adoptées pour créer des liens internationaux dans un contexte regroupant plusieurs pays, par exemple l'Union européenne. Les programmes de mobilité virtuelle, comme les Global Links for Strong Research en Suède et MOTIVE en Finlande, permettent l'établissement des liens dans le domaine de la recherche dans les cas où les chercheurs ne peuvent pas se déplacer physiquement (Ferreira et Klutsch, 2018). Ces programmes peuvent être particulièrement pertinents après les contraintes de déplacement imposées en réponse à la COVID-19.

Certains aspects de la structure du financement de la recherche du Canada contribuent aux écarts dans la capacité de recherche des établissements et aux disparités régionales.

Les chercheurs des petits établissements situés dans de villes de petite taille sont souvent défavorisés lorsqu'il s'agit de rivaliser pour le financement de la recherche. Cette situation peut limiter la capacité de ces collectivités de profiter des avantages économiques et sociaux de la recherche autant que les grands centres urbains. La structure de financement en place au Canada n'est pas la seule où ce défi se présente, mais elle contribue à la concentration des ressources de recherche à plusieurs égards. Premièrement, une part exceptionnellement importante de la recherche en SNG menée dans les établissements d'enseignement supérieur au Canada est financée par les universités elles-mêmes, qui prennent en charge près de 50 % des dépenses de recherche dans le secteur de l'enseignement supérieur (StatCan, 2020a). La capacité d'une université à mobiliser des fonds – grâce aux frais de scolarité et autres, aux bourses d'études accordées par des organismes externes et à la contribution des donateurs – a une incidence importante sur ses activités de recherche et renforce le phénomène selon lequel « les riches s'enrichissent ». Comme l'enseignement supérieur est de compétence provinciale, les politiques régissant le financement des établissements varient et on observe des disparités dans la capacité financière qui peuvent avoir des répercussions importantes sur la recherche.

Au Canada, les programmes de financement fédéraux distribuent souvent malencontreusement le financement de manière inégale entre les établissements en vertu de demandes de subventions évaluées par des pairs. Comme nous l'avons indiqué au chapitre 3, le taux de réussite dans le concours du Programme de subventions à la découverte différent entre les chercheurs des petits établissements et ceux des grands établissements. Or, selon les tendances récentes, cet écart devrait se creuser avec le temps (Murray *et al*., 2016). Le Programme de subventions à la découverte axées sur le développement offert par le CRSNG (récemment devenu permanent) pourrait renverser cette tendance (CRSNG, 2020e). Cependant, les chercheurs des petits établissements ont également moins de chances d'obtenir une subvention d'outils et d'instruments de recherche en sus d'une subvention à la découverte (CRSNG, 2020d). L'octroi de fonds associé aux chaires d'excellence en recherche du Canada et au Fonds d'excellence en recherche Apogée Canada concentre davantage le financement au niveau d'établissements et de chercheurs en particulier (Naylor *et al*., 2017). Les fonds de contrepartie exigés pour avoir accès au financement fédéral peuvent élargir les écarts, car les provinces et les territoires ne sont pas tous capables dans la même mesure de fournir ces fonds (Naylor *et al*., 2017). Les organismes subventionnaires canadiens pourraient améliorer le rendement global du système en continuant de réduire les disparités entre les régions et les établissements dans la répartition du financement.

6.4 Atteinte d'un équilibre entre les priorités concurrentes

Les détails sont importants en ce qui concerne les pratiques de financement de la recherche. L'utilisation d'une terminologie claire et appropriée dans un appel de propositions, une collecte se limitant aux renseignements essentiels dans les demandes de subvention, un souci de s'assurer que les renseignements biographiques requis n'introduisent pas malencontreusement des possibilités de biais – dans tous ces cas, les petites décisions pouvant avoir de lourdes conséquences. Cependant, les organismes subventionnaires se trouvent également devant des choix plus vastes et globaux pour lesquels ils doivent soupeser des priorités et des besoins concurrents, par exemple évaluer les compromis entre l'augmentation du niveau de financement ou du taux de réussite ou, encore, le soutien de la recherche interdisciplinaire ou unidisciplinaire. Pour ces enjeux, il faut souvent d'atteindre le juste équilibre compte tenu du contexte et des données probantes se rapportant à d'autres pays.

Une pluralité d'instruments de financement permet aux organismes subventionnaires d'adapter le soutien à différents types de recherche, mais moyennant des coûts administratifs supplémentaires.

Lorsqu'ils envisagent d'accroître le soutien axé sur de nouveaux objectifs de financement, les organismes doivent se demander s'il est possible d'adapter les programmes en place ou si un nouvel instrument de financement s'impose. De façon générale, les organismes subventionnaires élargissent la portée de leur portefeuille en réponse à la diversification des objectifs (OCDE, 2018a). Cette façon de procéder a l'avantage de permettre une expérimentation avec une grande variété de caractéristiques de financement, mais elle doit être mise en équilibre avec l'inefficience administrative associée à la gestion de nombreux petits programmes, la difficulté potentielle pour les chercheurs de trouver les possibilités de financement appropriées et le besoin de coordination entre les programmes (Janger *et al.*, 2019).

La plupart des objectifs analysés dans le présent rapport sont appuyés par des programmes spécialisés du CRSNG, mais certains pourraient encore bénéficier de mesures d'aide accrues. D'après Naylor *et al.* (2017), les organismes ont adopté des approches peu uniformes dans certains programmes spécialisés. Ces auteurs soulignent l'adoption d'une approche ponctuelle à l'égard de la recherche menant à des interventions rapides ainsi qu'un manque de programmes appuyant la recherche à haut risque et à haut rendement et les collaborations internationales – récemment ciblées par la création du fonds Nouvelles frontières en recherche (FNFR)[39]. L'appui offert grâce à ce fonds vise à soutenir ces objectifs de recherche (GC, 2019c), mais il est trop tôt pour dire s'il atteindra cette finalité. Quant à savoir s'il est plus avantageux pour le Canada, dans une perspective d'avenir, d'adapter des programmes en place ou d'en créer de nouveaux, la réponse dépendra de la spécificité des besoins en recherche, de l'ampleur de la complémentarité entre les programmes en place ainsi que de l'équilibre entre les coûts administratifs et les avantages.

39 L'initiative Frontières de la découverte du CRSNG constitue une exception et offre périodiquement des subventions de grande valeur à des équipes interdisciplinaires et internationales dont la recherche est axée sur des priorités.

L'expérience internationale ne donne guère d'indications concernant l'équilibre entre la recherche dirigée par les chercheurs et celle axée sur les priorités, mais la proportion de la première est en baisse au Canada.

La tension entre le soutien à la recherche dirigée par les chercheurs et celle axée sur les priorités a fait surface à plusieurs reprises dans les discussions entre les membres du comité d'experts et les spécialistes externes, mais il a été impossible d'en tirer des conclusions en ce qui concerne le « juste » équilibre à établir. Le paysage du financement tout entier, y compris les contributions de l'industrie et des fondations, ainsi que l'existence de possibilités de recherche particulières influent sur la priorité accordée à l'un ou à l'autre par un organisme subventionnaire fédéral. Au Canada, la part du financement alloué par les organismes subventionnaires qui est affecté à la recherche axée sur les priorités est passée de 30 % en 2000 à 42 % en 2016, sous l'effet de la diminution du financement par chercheur au titre de la recherche dirigée par les chercheurs (Naylor *et al.*, 2017). L'augmentation du financement fédéral de la recherche pourrait maintenant inverser cette tendance, mais la propension à transférer le financement vers la recherche ciblée pendant les périodes de difficultés économiques peut couper la filière des découvertes nécessaires pour alimenter l'innovation à long terme. Le développement récent de nouveaux vaccins à ARNm contre la COVID-19 nous rappelle justement que la recherche fondamentale dirigée par les chercheurs peut ouvrir la voie à des percées essentielles pour s'attaquer à des priorités et à des défis sociétaux. Il aurait été impossible de développer ces vaccins n'eussent été la recherche fondamentale menée pendant des dizaines d'année sur l'ARNm et les nanoparticules lipidiques (dont certains travaux menés au Canada). Or, l'utilité de cette recherche a souvent été remise en question (Verbeke *et al.*, 2019; Garde et Saltzman, 2020; Lowe, 2021).

Selon la plupart des données probantes, une dispersion du financement, qui s'accompagne de l'octroi de subventions de faible valeur et d'un taux de réussite comparativement plus élevé, permet de renforcer les capacités et d'accroître les résultats de la recherche scientifique.

Pour de nombreux objectifs de financement, il est essentiel d'atteindre un juste équilibre entre la valeur des subventions et le taux de réussite des demandes de financement. Ces objectifs sont le recrutement de chercheurs de premier plan à un niveau concurrentiel à l'échelle internationale, le soutien des CDC et la stabilisation de la main-d'œuvre, la réalisation de recherche ayant des retombées considérables et l'obtention d'un bon retour sur l'investissement des fonds publics. Comme nous l'avons vu à la section 5.1, on peut remettre en question la capacité des évaluateurs à mesurer véritablement les différences de qualité entre plusieurs propositions qui se suivent de très près dans le classement des concours où le taux

de réussite est très faible (p. ex. moins de 10 %). En revanche, une augmentation du taux de réussite qui ne s'accompagnerait pas d'une hausse du financement total risque de saupoudrer le financement entre les chercheurs, si bien qu'ils pourraient disposer de ressources insuffisantes pour mener des travaux importants et devoir consacrer davantage de temps à l'élaboration de demandes de subvention.

De manière générale, peu de preuves empiriques vont dans le sens d'une plus grande concentration du financement. Dans les concours de financement de la recherche en SNG, le taux de réussite est rarement supérieur à 40 %, mais il n'y a pas de preuve évidente qu'un taux de réussite plus élevé nuit à la qualité de la recherche (Janger *et al.*, 2019). Selon 17 des 19 études visées par un examen de la corrélation entre la valeur des subventions et le rendement de la recherche (mesuré selon le nombre d'articles, le nombre de citations par article et le nombre d'articles fortement cités), l'augmentation de la valeur des subventions a un effet négatif sur le rendement ou elle conduit à un rendement décroissant après un certain seuil (Aagaard *et al.*, 2019). Un financement plus dispersé peut représenter un portefeuille d'investissement diversifié et augmenter ainsi les chances que les subventions portent leurs fruits en générant des recherches qui ont des retombées considérables, en particulier en dans les sciences fondamentales, qui peuvent avoir des retombées imprévisibles à long terme (Peifer, 2017). Pour les subventions de grands groupes, comme le financement des centres d'excellence, les données probantes sont plus partagées. Une concentration plus élevée du financement peut assurer la stabilité, favoriser la mise en place d'infrastructure (p. ex. numérique) et contribuer au recrutement d'excellents chercheurs (Hellström *et al.*, 2018). Toutefois, les résultats varient selon le domaine et on observe des retombées plus importantes dans le cas des groupes de recherche qui n'avaient pas encore atteint leur niveau de rendement maximal avant d'obtenir le financement (Ida et Fukuzawa, 2013; Langfeldt *et al.*, 2015). En outre, une étude a montré que le rendement décroît lorsque le nombre de chercheurs participant à un consortium de recherche augmente (Breschi et Malerba, 2011).

Toutefois, les études indiquent que des subventions de très faible valeur peuvent également être inefficaces si elles ne fournissent pas un niveau minimal de ressources (Aagaard *et al.*, 2019). Le niveau de financement optimal varie en fonction des différences entre les pays et les disciplines. En effet, des types de recherche différents exigent des types de ressources différents. En plus de la complexité des facteurs qui déterminent la répartition des fonds, il semble donc

qu'une expérimentation s'impose pour déterminer la meilleure manière d'ajuster la répartition du financement, ou le portefeuille, dans un système donné (Aagaard *et al*., 2019; Azoulay et Li, 2020). Le risque de concentration involontaire du financement augmente lorsque plusieurs organismes subventionnaires utilisent des critères similaires et que la coordination entre eux est minime (ce qui peut être le cas au Canada) (Aagaard *et al*., 2019).

Les organismes subventionnaires doivent donc prendre en compte de nombreux facteurs pour trouver un équilibre approprié entre le niveau de financement et le taux de réussite. Toutefois, la plupart des données empiriques vont dans le sens d'une répartition plus large des fonds et des taux de réussite plus élevés. Cette orientation cadre avec l'octroi, par le CRSNG, d'une modeste « aide à la recherche » dans le cadre du Programme de subventions à la découverte. Il s'agit d'une approche qui a également été validée à plusieurs reprises dans des évaluations antérieures, même si on a constaté que les pressions inflationnistes érodent progressivement la valeur des subventions au fil du temps et compromettent ainsi leur efficacité (CRSNG, 2020d). Dans le contexte canadien, le comité d'experts souligne que le succès du Programme de subventions à la découverte repose essentiellement sur l'existence d'un écosystème de soutien composé de programmes et de possibilités de financement supplémentaires auxquelles les chercheurs peuvent avoir accès.

7

Conclusion

Les pratiques de financement de la recherche en SNG évoluent en fonction des tendances sociales et scientifiques. Il serait étonnant que les organismes subventionnaires remplacent les pratiques de base du financement de la recherche qui est attribué par voie de concours (p. ex. l'évaluation par les pairs au sein de comités d'évaluation disciplinaires), mais ils reconnaissent de plus en plus qu'il leur faut soutenir un milieu de la recherche robuste, résilient et diversifié pour remplir leur mandat à long terme. En outre, ces organismes diversifient progressivement leur portefeuille de programmes de financement, car ils prennent conscience que des pratiques de financement et d'évaluation différentes répondent mieux à des objectifs différents.

Le présent rapport passe en revue des pratiques internationales de financement de la recherche en SNG. Comme chaque organisme subventionnaire évolue dans un contexte qui lui est propre, il est impossible de recenser des pratiques efficaces qu'il serait facile de déployer dans toutes les situations. Le comité d'experts n'a pas pour mandat de formuler expressément au CRSNG des recommandations sur la manière dont il devrait appliquer les résultats de l'étude présente à son portefeuille. Cependant, le présent chapitre résume les principales constatations du comité d'experts à l'égard de son mandat en mettant d'abord l'accent sur les questions relatives au contexte de la recherche, puis sur l'état des connaissances concernant les pratiques de financement efficaces et sur la manière dont elles peuvent être appliquées au Canada.

7.1 Adaptation au nouveau contexte de la recherche

Quelles grandes tendances observées dans la recherche en SNG au pays et ailleurs dans le monde sont les plus pertinentes quant à la façon dont on devrait soutenir les SNG à l'avenir?

L'évolution des tendances des dépenses publiques de R-D modifie le paysage de la recherche. Partout dans le monde, le paysage scientifique évolue à mesure que la Chine et d'autres économies émergentes accroissent rapidement leurs efforts de recherche. Cependant, de nombreux pays de l'OCDE ont réduit leurs dépenses publiques en R-D ces dernières années, malgré l'expansion soutenue de leur système d'enseignement supérieur et de l'augmentation continue du nombre de chercheurs. Il en a résulté une concurrence plus vive pour le financement et les postes. Un environnement de recherche plus concurrentiel augmente le stress subi par les jeunes chercheurs et les étudiants qui tentent d'établir leur carrière et il

amplifie les inquiétudes au sujet du conservatisme dans le financement de la recherche. En effet, les chercheurs se sentent obligés de proposer des projets sûrs et d'éviter des propositions plus novatrices. L'industrie et les fondations jouent un rôle de soutien important dans certains domaines de recherche et offrent aux chercheurs un plus grand choix de possibilités de financement. En outre, les gouvernements utilisent un plus large éventail de mécanismes de financement. Alors qu'ils s'en remettaient auparavant au financement institutionnel ou à des subventions de recherche attribuées par voie de concours, ils utilisent maintenant une variété de mécanismes hybrides. La diversification des modèles de financement contribue à l'assouplissement du système de recherche, mais elle fait également en sorte qu'il est plus difficile de naviguer dans ce système et d'en assurer la coordination.

Plusieurs facteurs supplémentaires ajoutent à la complexité du paysage de la recherche. Les efforts de recherche interdisciplinaire, multidisciplinaire et transdisciplinaire mobilisent de nouveaux partenaires à l'échelle d'un milieu de la recherche de plus en plus interconnecté. En outre, les nouvelles technologies comblent les lacunes dans les connaissances et offrent des outils novateurs pour les études. Par conséquent, la nature des questions que la recherche en SNG permet de résoudre se diversifie, ces questions deviennent aussi de plus en plus vastes et elles s'accompagnent de changements correspondants quant aux types de participants et aux résultats attendus de la recherche. Ces nouveaux éléments remettent également en question le mode d'évaluation des propositions et des projets. Non seulement il peut être difficile de réunir l'expertise nécessaire pour bien évaluer les propositions interdisciplinaires et multidisciplinaires, mais aussi les paramètres traditionnels peuvent s'avérer insuffisants pour représenter toute la gamme des résultats de recherche. Certains organismes subventionnaires ont réagi à cette tendance en mettant en œuvre de nouveaux programmes, tandis que d'autres ont maintenu le même portefeuille, mais en adaptant leurs procédures. Les organismes devront continuer à explorer les approches qui fonctionnent le mieux dans leur propre contexte en étant conscients du risque de chevauchement (ou d'incompatibilité) avec les efforts d'autres organismes subventionnaires, des coûts de lancement ou de surveillance de nouveaux programmes. Ils devront également veiller à soutenir la recherche dans le cadre du cloisonnement disciplinaire, tout en favorisant les possibilités d'établissement de liens, de collaboration et de transmission des connaissances entre plusieurs disciplines.

La COVID-19 a posé de nouveaux défis pour les organismes de financement de la recherche et a donné lieu à une mobilisation et à une accélération sans précédent de l'activité de recherche dans de nombreux domaines. Les organismes subventionnaires ont dû trouver de nouvelles façons de maintenir les programmes

en place malgré les perturbations créées par la pandémie, tout en mettant rapidement en œuvre de nouveaux mécanismes de financement et ils y sont parvenus avec succès dans de nombreux cas. Le stress et les perturbations découlant de la COVID-19 ont également exacerbé les iniquités dans le système de recherche, car les femmes, les chercheurs en début de carrière et ceux ayant de jeunes enfants ont été touchés plus durement. Parallèlement, la rupture par rapport aux pratiques habituelles en matière de publications scientifiques et de diffusion des résultats de la recherche a fait craindre une érosion des vérifications habituelles de la qualité et de la rigueur de la recherche. Les répercussions à long terme de cette période sur le milieu de la recherche demeurent incertaines, mais la pandémie a montré que le paysage social et scientifique peut changer très rapidement, soulignant l'importance de la souplesse pour les organismes de financement de la recherche en SNG.

Quels rôles les organismes de financement de la recherche en SNG jouent-ils dans l'appui aux écosystèmes de recherche et de quelle façon ces rôles évoluent-ils?

Tout en continuant de jouer leur rôle traditionnel axé sur l'attribution de subventions par voie de concours, les organismes subventionnaires publics jouent également un rôle de plus en plus actif comme arbitres ou autorités de réglementation de l'environnement et de la culture de la recherche. La place centrale qu'occupent les organismes subventionnaires parmi les intervenants dans le domaine de la recherche leur procure un effet de levier unique permettant d'améliorer l'accessibilité de la recherche ainsi que la santé et la résilience de l'effectif de recherche, pourvu que ces organismes acceptent une diversification des pratiques de recherche.

Par exemple, les organismes subventionnaires participent davantage aux pratiques d'évaluation de la recherche et bon nombre d'entre eux (y compris les organismes de financement fédéraux du Canada) sont signataires de la San Francisco Declaration on Research Assessment (DORA). L'élaboration du paradigme de la recherche et de l'innovation responsables et son adoption par la Commission européenne montrent elles aussi que les organismes subventionnaires accroissent progressivement leurs activités dans des domaines comme l'éthique de la recherche. En plus de contribuer à promouvoir les principes de la science ouverte et le libre accès aux publications de recherche, les organismes soutiennent l'intérêt du public pour la science ainsi que son éducation scientifique. La COVID-19 a mis en évidence

le rôle que les organismes subventionnaires peuvent jouer en appuyant les scientifiques, les vulgarisateurs scientifiques et les décideurs dans les efforts qu'ils déploient pour renseigner le public sur le rôle du milieu de la recherche pour réagir à une crise.

Pour ce qui est de l'avenir, les organismes subventionnaires pourraient être appelés à trouver de nouvelles façons de collaborer avec les milieux de recherche – et le grand public – pour s'assurer d'employer des pratiques et des approches répondant à leurs besoins. Ces organismes portent davantage attention aux problèmes systémiques, comme les biais et la sous-représentation, car ils reconnaissent le rôle qui leur incombe dans la gestion et le soutien à long terme de l'effectif de recherche. Outre les déclarations sur l'infrastructure et l'excellence scientifique, les documents stratégiques de nature générale publiés par les organismes subventionnaires présentent de plus en plus un plan d'action pour améliorer l'équité, la diversité et l'inclusion (EDI) et atténuer les avantages cumulatifs. De même, les organismes subventionnaires prennent de nouveaux moyens pour soutenir les réseaux de recherche afin de favoriser l'atteinte des objectifs de recherche, par exemple en adoptant des pratiques conçues pour stimuler l'établissement de collaborations novatrices ou en facilitant la mobilité internationale.

7.2 Pratiques efficaces de financement de la recherche en SNG

Quel est l'état des connaissances concernant les pratiques efficaces pour le financement de la recherche en sciences naturelles et en génie (SNG) à l'échelle internationale et de quelle façon pourrait-on appliquer ces pratiques au financement de la recherche en SNG au Canada?

Le comité d'experts a articulé son examen des pratiques de financement de la recherche efficaces et prometteuses à l'étranger autour de trois axes : le soutien des chercheurs; le soutien de la recherche interdisciplinaire, à haut risque et répondant aux besoins sociétaux; et l'amélioration de l'efficience et des retombées du financement. Globalement, les pratiques examinées par le comité d'experts offrent des outils auxquels les organismes peuvent avoir recours pour élaborer des approches de financement de la recherche en SNG plus efficaces et efficientes. Toutefois, l'efficacité de ces approches varie souvent selon le contexte. Pour assurer le succès de leur mise en œuvre au Canada, il faudra bien les adapter au paysage de la recherche et à l'environnement du financement au pays.

Pratiques de soutien des chercheurs

Il est possible d'adapter bon nombre de pratiques de financement pour offrir un meilleur soutien aux chercheurs tout au long de leur carrière. Le comité d'experts estime qu'une segmentation des subventions selon l'étape de la carrière est particulièrement efficace. Le Conseil européen de la recherche et le Dutch Research Council ont adopté ce type d'approche. Les programmes reposant sur cette approche permettent aux jeunes chercheurs de devenir des chercheurs indépendants et continuent de soutenir les chercheurs dans leur transition à mi-carrière. Aux différentes étapes de leur carrière, les chercheurs tirent également parti des programmes de subventions qui offrent une souplesse et des ressources sur une longue période. Les organismes peuvent utiliser des programmes de financement de transition pour atténuer les effets des écarts de financement. Le soutien accru au titre des postes de personnel scientifique – que ce soit sous la forme de financement de projet (en place pour les stagiaires postdoctoraux) ou de subventions indépendantes – et pour les bourses spécialisées, notamment une formation structurée et des mesures d'aide à la transition, sont d'autres pratiques que les organismes subventionnaires explorent pour mieux soutenir les chercheurs au début de leur carrière.

Les organismes subventionnaires explorent également une série de stratégies visant à corriger des iniquités de longue date dans le milieu de la recherche. Les chartes sur l'égalité, comme la charte Athena SWAN, ont fait augmenter la proportion de femmes parmi les chercheurs et les autres membres du personnel (et amélioré la satisfaction professionnelle). À titre expérimental, le National Institute for Health Research du Royaume-Uni fait actuellement de l'adoption de ce type des chartes un critère d'admissibilité au financement. Pour contribuer à éliminer les désavantages systémiques découlant des biais implicites et explicites, les organismes subventionnaires peuvent aussi modifier leurs pratiques d'examen et d'évaluation. Les possibilités offertes aux chercheurs issus de groupes sous-représentés, l'établissement de cibles en matière de diversité des participants aux programmes ainsi qu'un accroissement de la formation et du mentorat pour aider les candidats à élaborer leurs demandes de subventions représentent tous des approches efficaces et prometteuses pour répondre aux préoccupations concernant l'EDI. Comme le fardeau des services à la communauté universitaire et parfois plus élevé dans les groupes sous-représentés, les organismes pourraient aussi rendre les évaluations plus équitables en reconnaissant des travaux scientifiques plus variés, notamment les activités de mentorat et la mobilisation des intervenants locaux dans le cadre de la recherche. En ce qui a trait aux concours individuels et aux évaluations par les pairs, il serait possible d'atténuer les biais en appliquant un examen à l'aveugle (pourvu que le contenu des dossiers de demande ne révèle pas malencontreusement l'identité de leurs auteurs) ou en

évaluant la qualité de la recherche proposée avant de se pencher sur les antécédents d'un candidat.

La recherche et les chercheurs autochtones se heurtent à des défis uniques en leur genre, que les organismes subventionnaires tentent d'éliminer de différentes façons. Les programmes de financement et les comités d'évaluation distincts pour les chercheurs et la recherche autochtones semblent être des moyens appropriés et efficaces dans de nombreuses situations, tout comme un soutien accru aux centres de recherche communautaires ou aux chercheurs issus de la communauté. La participation des communautés et des chercheurs autochtones dès le début de la conception des programmes est essentielle. L'établissement de relations et la participation à l'élaboration conjointe des programmes donnent l'assurance que la conception et les objectifs des programmes de financement sont adaptés aux besoins de ces communautés et de ces chercheurs, qui ont souvent eu dans le passé des interactions négatives avec les établissements de recherche.

Bon nombre de ces pratiques sont déjà utilisées au Canada, et d'autres pratiques pourraient être adaptées au contexte canadien. Compte tenu des défis auxquels se heurtent les chercheurs qui accèdent au corps professoral, la segmentation des programmes de financement selon l'étape de la carrière peut offrir une solution de rechange aux dispositions actuelles pour les CDC, tout en permettant d'éliminer les interruptions de carrière éventuelles. Les leçons tirées des chartes sur l'égalité, comme la charte Athena SWAN, continuent d'orienter l'élaboration du programme Dimensions au Canada. À plus petite échelle, certains programmes de financement au pays ont commencé à demander aux candidats de définir des objectifs en matière d'EDI dans leurs propositions et offrent des guides d'évaluation de l'EDI (dans les projets ou les équipes) comme stratégie de lutte contre les biais. Un soutien accru à la recherche et aux chercheurs autochtones s'impose dans de nombreux pays, mais le contexte canadien présente des caractéristiques distinctes de celles de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, des États-Unis ou des pays nordiques. Cela dit, les organismes subventionnaires canadiens pourraient s'inspirer de certaines démarches, comme le programme Discovery Indigenous en Australie, le programme SAMISK en Norvège ou le Native Investigator Development Program aux États-Unis, mais ils doivent élaborer ce type de programmes en collaboration avec les chercheurs et les communautés autochtones.

Pratiques de soutien de la recherche interdisciplinaire, à haut risque et réactive

Pour soutenir la recherche interdisciplinaire et à haut risque, il faut souvent apporter des modifications aux programmes et aux pratiques de financement habituelles, par exemple déterminer la composition des comités d'évaluation de

sorte que les membres possèdent un plus large éventail d'antécédents et d'expertise. En ce qui concerne la recherche interdisciplinaire, des partenaires mal assortis, la concentration des projets sur une seule discipline dominante ou une disparité des résultats de la recherche escomptés peuvent empêcher ce type d'efforts de porter leurs fruits. Certains organismes encouragent les partenaires à résoudre ces problèmes dès le début en exigeant une déclaration qui précise l'ampleur de l'intégration des disciplines ou un plan de collaboration qui explique la contribution attendue de chaque partenaire. Les appels de propositions des Grands Défis ou de propositions axées sur la résolution de problèmes peuvent également offrir un cadre efficace pour l'établissement de partenariats faisant intervenir plusieurs disciplines ou secteurs. Nombre de pratiques de financement ayant cette finalité mettent l'accent sur les activités de réseautage et d'établissement de relations à plusieurs étapes des programmes, par exemple des ateliers ou des mesures de soutien au regroupement temporaire des chercheurs dans un même lieu.

Le comité d'experts a également examiné des pratiques de financement destinées à soutenir la recherche à haut risque et à haut rendement, qui se sont multipliées au cours des dernières années en réponse à la crainte que des chercheurs évitent désormais de prendre des risques en raison de la vive concurrence pour l'obtention de fonds. Comme bon nombre de ces programmes sont également de nature interdisciplinaire, les pratiques fondées sur le réseautage pourraient encourager la recherche à haut risque et à haut rendement. À cette fin, il pourrait aussi être essentiel d'apporter des changements à la durée du financement. Les organismes subventionnaires ont commencé à offrir des subventions de longue durée, parfois supérieure à cinq ans, pour les programmes de recherche à haut risque. De plus, des changements de procédures sont mis à l'essai dans des programmes de recherche à haut risque et à haut rendement spécialisés pour lutter contre l'aversion au risque, en la distinguant des appels de propositions plus habituels. Dans le cadre de ces programmes, les organismes subventionnaires ont recours à plusieurs nouveaux processus d'évaluation qui réduisent le fardeau des candidats et les encouragent à prendre des risques. Par exemple, certains appels exigent des propositions plus succinctes, en n'exigeant pas une description des résultats préliminaires, et assurent l'anonymat des propositions au cours de l'évaluation par les pairs afin d'apaiser les préoccupations des candidats qui craignent que leurs antécédents (ou toute autre considération) les désavantageront lorsqu'ils proposeront des idées qui ne sont pas « sûres ».

La diversité des besoins et des objectifs en matière de recherche souligne l'importante de la souplesse du financement. Comme c'est le cas pour la recherche à haut risque, la durée du financement est un paramètre clé qui peut aider à adapter les programmes à de nombreux objectifs particuliers. Les mécanismes de financement à court terme, fonctionnant avec un délai d'exécution court ou des

dates limites ouvertes, sont prometteurs pour soutenir les projets réalisés en partenariat avec le secteur privé ou en réponse à des situations de crise, comme la pandémie de COVID-19. En règle générale, une certaine souplesse est nécessaire pour soutenir la recherche qui vise à répondre à des enjeux sociétaux et politiques immédiats. Ce type d'initiatives de recherche imposent un fardeau supplémentaire aux organismes subventionnaires et aux chercheurs, en raison des priorités, des échéances et des objectifs différents des multiples intervenants non universitaires. Pour assurer le succès de ces initiatives, les pratiques doivent prévoir la reconnaissance des résultats de la recherche non universitaire et la participation des intervenants externes dès le début de la conception des programmes.

Les organismes subventionnaires ont eu recours à plusieurs approches efficaces pour soutenir la recherche mettant à contribution plusieurs disciplines. L'Institut canadien de recherches avancées a soutenu efficacement la recherche interdisciplinaire et le réseautage portant sur différents thèmes de recherche. Pour sa part, le CRSNG a modifié la structure de son processus d'évaluation par les pairs afin de mieux s'adapter aux propositions ascendantes qui combinent plusieurs disciplines. En plus des approches en place, un plus grand soutien aux ateliers et aux autres réunions thématiques peut permettre de manière efficiente l'établissement de liens entre les disciplines, les régions et les établissements. Il reste à déterminer l'efficacité du fonds Nouvelles frontières en recherche (s'inspirant du programme Audace des Fonds de recherche du Québec), qui investit des fonds sur cinq ans pour financer la recherche interdisciplinaire, à risque élevé et collaborative. Son utilisation des évaluations en double aveugle est toutefois une expérience prometteuse. Il serait possible de faire fond sur cette initiative et d'autres programmes ciblés qui donnent suite à des propositions succinctes anonymisées en attribuant un financement, même modeste, afin de fournir d'autres avenues pour la prise de risques, en dehors des concours prestigieux.

Pratiques visant à améliorer l'efficience, l'évaluation et les retombées

À mesure que les instruments de financement se multiplient, le nombre de propositions et les exigences administratives concernant leur évaluation vont aussi en augmentant. Comme le taux de réussite diminue en raison de la concurrence accrue, les organismes affectent davantage de ressources à l'évaluation des propositions non retenues. Les restrictions relatives à la présentation des demandes dans des concours successifs, la gestion des demandes et aux appels de propositions échelonnés sont des exemples de politiques axées sur la présentation des demandes que les organismes pourraient utiliser pour réduire le fardeau des évaluateurs. Les organismes devraient toutefois être conscients de l'importance de fournir une rétroaction aux candidats non retenus. En plus de variantes des pratiques

d'évaluation habituelles, comme les propositions succinctes ou l'examen des propositions à l'aveugle par le comité d'évaluation, certains organismes subventionnaires explorent des solutions de rechange plus atypiques comme le processus d'évaluation distribuée (c.-à-d. confier le rôle d'évaluateurs au groupe de candidats) et le tirage au sort après une présélection des propositions (c.-à-d. attribuer les fonds en partie de façon aléatoire à une étape du processus). Les données probantes relatives à la réussite de ces pratiques sont limitées, mais les candidats qui ont participé à un concours de subventions portant sur des projets à haut risque et à haut rendement faisant appel à un tirage au sort après une présélection des propositions considèrent que ce processus est équitable. En outre, les centres de recherche qui ont eu recours à une évaluation par les pairs distribuée pour allouer du temps d'utilisation des installations ont fait état d'une réduction du fardeau administratif. Ces mesures et d'autres approches destinées à réduire le temps consacré à l'évaluation par les pairs sont avantageuses tant pour les candidats que pour les évaluateurs. Toutefois, elles peuvent également introduire de nouvelles sources de biais et remettre en cause la rigueur et l'intégrité du processus de financement. Davantage de données probantes sont nécessaires pour définir les coûts et les avantages de ces nouvelles approches comme solutions de remplacement à l'évaluation par les pairs traditionnelle.

Comme leur rôle et leurs activités augmentent, les organismes subventionnaires expérimentent de nouvelles approches pour resserrer les liens entre la science et la société et accroître les retombées de la recherche dans leur portefeuille. Pour y parvenir efficacement, ils doivent reconnaître les résultats non universitaires de de la recherche (p. ex. les initiatives de sensibilisation et de mobilisation du public), en améliorant l'accès du public à la recherche scientifique et la participation des acteurs de la société à la recherche en SNG. Les pratiques qui permettent d'évaluer les chercheurs en fonction de formes de retombées sociales qu'ils ont eux-mêmes définies offrent un moyen souple de stimuler un dialogue avec la société dans son ensemble. En outre, ces pratiques ont permis de renforcer les capacités aux États-Unis à ce chapitre. Pour mesurer les retombées de la recherche en SNG dans la société, les organismes subventionnaires doivent définir et mettre à l'essai de nouveaux indicateurs. Ces indicateurs pourraient être fondés sur les interactions entre les scientifiques et les intervenants ou sur les études de cas pour saisir les nuances. Les engagements à assurer le libre accès, comme dans le cadre du Plan S, sont un autre moyen de de favoriser un accès plus généralisé à la recherche financée par les deniers publics. En plus d'exiger la conformité à ce type de politiques, les organismes subventionnaires peuvent encourager des principes de science ouverte en finançant ou en hébergeant des répertoires de données et de publications.

En outre, la portée des pratiques d'évaluation s'élargit pour englober de nouvelles formes de données, car les organismes reconnaissent que les retombées de la

recherche se manifestent sur des laps de temps différents et sous de multiples formes. Les organismes subventionnaires peuvent tirer des leçons d'évaluations nationales à grande échelle comme le Research Excellence Framework au Royaume-Uni. Ces évaluations interdisent l'utilisation d'indicateurs problématiques, comme les facteurs d'impact des revues, et privilégient de plus en plus la qualité et les retombées de la recherche plutôt que la quantité. D'après le comité d'experts, les études de cas sur les retombées qui combinent des observations quantitatives et qualitatives concernant les résultats de la recherche représentent aussi une approche prometteuse. Citons le cas du Conseil européen de la recherche (ERC) à titre d'exemple pour illustrer les résultats qu'une amélioration de la collecte des données permet d'obtenir. En recueillant périodiquement des données sur les projets qu'il finance, le ERC peut déterminer la mesure dans laquelle la recherche en question cadre avec ses objectifs stratégiques et repérer les lacunes éventuelles. Il serait aussi possible d'utiliser les données mises en commun par les organismes ou des ensembles couplés de données ouvertes par l'entremise de tiers, pour élargir davantage la base de données probantes nécessaire pour expérimenter des indicateurs, des pratiques de financement et des modèles d'évaluation nouveaux. En renforçant les normes de déclaration, de surveillance et d'évaluation, les organismes subventionnaires obtiennent plus de données pour orienter leurs stratégies et leurs réactions aux changements dans le paysage scientifique.

Les organismes canadiens qui financent la recherche, comme le CRSNG, peuvent tirer des leçons des expériences internationales dans tous ces domaines. Quand il s'agit d'améliorer l'efficience et de réduire le fardeau administratif, la gestion des demandes ou les restrictions relatives à la présentation de propositions dans des concours successifs peuvent aider le CRSNG ou d'autres organismes subventionnaires canadiens à exercer un contrôle sur le taux de réussite et à dissuader les candidats de présenter des propositions en série. La réduction du fardeau imposé aux comités d'évaluation par les pairs profitera à terme aux organismes subventionnaires et aux chercheurs. Le CRSNG peut tirer des leçons des efforts déployés aux États-Unis et dans d'autres pays qui appuient une sensibilisation et une mobilisation accrue du public dans le domaine scientifique sans fixer des exigences trop contraignantes ni imposer un fardeau excessif aux chercheurs. En ce qui a trait à l'augmentation des retombées, les organismes subventionnaires canadiens peinent à assurer la conformité aux politiques de libre accès, ce qui pourrait avoir une incidence sur l'admissibilité des chercheurs canadiens aux concours organisés par des organismes subventionnaires participant au Plan S. Une stratégie pancanadienne de science ouverte a été annoncée, mais elle n'est pas encore établie. Cette stratégie pourrait prévoir des engagements à soutenir une infrastructure de libre accès. Entre-temps, les

organismes subventionnaires canadiens doivent continuer à prendre en compte les frais de traitement des articles lorsqu'ils encouragent les chercheurs à publier dans des revues en libre accès.

Un grand nombre d'aspects du financement de la recherche en SNG reposent sur l'atteinte d'un équilibre entre des priorités concurrentes. Lorsqu'il s'agit de gérer les compromis entre le niveau de financement et le taux de réussite des candidats, les données empiriques penchent généralement en faveur de la priorisation d'une répartition plus large du financement, conformément à l'approche adoptée par le CRSNG dans son Programme de subventions à la découverte. En outre, les organismes subventionnaires doivent atteindre un équilibre entre la recherche dirigée par les chercheurs et celle axée sur les priorités. L'adaptation des appels de propositions aux priorités et aux besoins sociétaux immédiats est attrayante sur le plan intuitif, à plus forte raison dans l'environnement actuel dominé par une crise sanitaire mondiale et les pressions économiques et sociétales qui en résultent. Toutefois, d'après le comité d'experts, les organismes de financement de la recherche en SNG ne devraient pas perdre de vue que la recherche axée sur la découverte dirigée par les chercheurs qui est proposée aujourd'hui peut s'avérer essentielle pour relever les défis de demain – comme le montre de façon percutante le développement des nouveaux vaccins contre la COVID-19 qui repose sur des recherches scientifiques remontant à des dizaines d'années. Le CRSNG et les autres organismes de financement de la recherche en SNG devraient donc se garder de permettre une augmentation de la part du financement axé sur les priorités au détriment de la recherche fondamentale dirigée par les chercheurs.

7.3 Réflexions finales

Le manque de données probantes accessibles a souvent entravé les discussions du comité d'experts sur les pratiques de financement de la recherche en SNG. Bon nombre de pratiques sont prometteuses, mais elles ne sont pas encore entièrement étayées en raison d'un manque de données accessibles au public ou de l'absence d'études contrôlées. Selon le comité d'experts, en priorisant davantage l'expérimentation de nouvelles pratiques de financement, les organismes subventionnaires pourraient contribuer à corriger cette situation. Ils pourraient mettre à l'essai de nouvelles approches en matière de financement, recueillir des données probantes témoignant de leur efficacité et établir des liens entre eux pour faciliter le partage de données, ce qui permettrait ainsi d'évaluer de façon plus exacte le rendement relatif des différentes approches. Une amélioration de la collecte et de la gestion des données dans l'environnement de financement offre des possibilités de réaliser ce type d'expérience en toute transparence et de démêler les effets des facteurs contextuels associés aux interventions de financement. Les expériences avec les évaluations à l'aveugle,

les tirages au sort après une présélection des propositions et d'autres approches de financement de remplacement sont prometteuses à cet égard. Même dans les cas où de nouvelles approches sont rejetées, les organismes subventionnaires et la communauté scientifique en sauront davantage sur la façon dont ces pratiques influent sur les résultats de la recherche. Les gains d'efficience découlant de ces expériences et d'autres expériences similaires pourraient à terme permettre aux organismes subventionnaires de soutenir davantage de recherche, tout en réduisant le fardeau des chercheurs. Si le CRSNG et d'autres organismes subventionnaires s'engagent à appuyer ce type d'expériences, l'univers des pratiques de financement et notre savoir collectif concernant les résultats en découlant continueront de s'améliorer et de prendre de l'ampleur.

Références

AAAS – American Association for the Advancement of Science – SEA Change, 2020. History. Adresse : https://seachange.aaas.org/about/history (consulté en juillet 2020).

Aagaard, K., A. Kladakis, et M. W. Nielsen, 2019. « Concentration or dispersal of research funding? », *Quantitative Science Studies*, vol. 1, no 1, p. 117-149.

Aagaard, K., C. Bloch, J. W. Schneider, D. Henriksen, T. K. Ryan, et P. S. Lauridsen, 2014. *Evaluering af den Norske Publiceringsindikator*, Oslo, Norvège, The Norwegian Association of Higher Education Institutions.

Académie des sciences, 2011. *On the Proper Use of Bibliometrics to Evaluate Individual Researchers*, Paris, France, Institut de France, Académie des sciences.

Acker, J., 1990. « Jobs, bodies: A theory of gendered organizations », *1990*, vol. 4, no 2, p. 139-158.

ACSP – Association Canadienne des Stagiaires Postdoctoraux, 2016. *Le Sondage National des Postdoctorants Canadiens 2016, Résumé analytique*, ACSP.

Adami, V., N. Homer, N. Utz, S. Lippens, J. Z. Rappoport, et J. Fernandez-Rodriguez, 2020. « An international survey of training needs and career paths of Core Facility staff », *Journal of Biomolecular Techniques*, vol. 32, no 01.

Adams, J., 2012. « The rise of research networks », *Nature*, vol. 490, no 7420, p. 335-336.

Adams, J., T. Loach, et M. Szomszor, 2016. *Interdisciplinary Research: Methodologies for Identification and Assessment*, Londres, Royaume-Uni, Digital Science.

Adams, K. et S. Faulkhead, 2012. « This is not a guide to Indigenous research partnerships: But it could help », *Information, Communication & Society*, vol. 15, no 7, p. 1016-1036.

Adkins, L. et M. Dever, 2015. « It's not about the women: Gender equality in research », *Australian Feminist Studies*, vol. 30, no 85, p. 217-220.

Advance HE, 2020a. About ECU's Race Equality Charter. Adresse : https://www.ecu.ac.uk/equality-charters/race-equality-charter/about-race-equality-charter/ (consulté en juillet 2020).

Advance HE, 2020b. REC and Athena Swan Good Practice Initiatives. Adresse : https://www.advance-he.ac.uk/charters/rec-athena-swan-initiatives (consulté en décembre 2020).

Advance HE, 2020c. *Equality + Higher Education – Staff Statistical Report*, York, Royaume-Uni, Advance HE.

Agley, J., 2020. « Assessing changes in US public trust in science amid the COVID-19 pandemic », *Public Health*, vol. 183, p. 122-125.

Alberts, B., M. W. Kirschner, S. Tilghman, et H. Varmus, 2014. « Rescuing US biomedical research from its systemic flaws », *PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America)*, vol. 111, no 16, p. 5773-5777.

Amyot, D., 2019. « Supporting Collaboration to Give Canadian Innovation a Boost », dans RE$EARCH MONEY et Collèges et instituts Canada (réd.), *Applied Research Comes of Age*, Toronto, ON, RE$EARCH Infosource Inc.

Andersen, M., 2020. « Easing the burden of peer review », *Nature Astronomy*, vol. 4, no 7, p. 646-647.

Antecol, H., K. Bedard, et J. Stearns, 2016. « Equal but Inequitable: Who Benefits from Gender-Neutral Tenure Clock Stopping Policies? », Bonn, Allemagne, IZA.

ARC – Australian Research Council, 2010. *Consultation Paper: ARC Discovery Program*, Australian Capital Territory, Australie, ARC.

ARC – Australian Research Council, 2018a. Kathleen Fitzpatrick and Georgina Sweet Australian Laureate Fellowships. Adresse : https://www.arc.gov.au/news-publications/media/feature-articles/kathleen-fitzpatrick-and-georgina-sweet-australian-laureate-fellowships (consulté en décembre 2020).

ARC – Australian Research Council, 2018b. Evaluation of ARC Support for Indigenous Researchers and Indigenous Research: ARC Response. Adresse : https://www.arc.gov.au/policies-strategies/policy/aboriginal-and-torres-strait-islander-researchers/evaluation-arc-support-indigenous-researchers-and-indigenous-research-arc-response-june-2018 (consulté en juin 2020).

ARC – Australian Research Council, 2019. Discovery Program. Adresse : https://www.grants.gov.au/?event=public.FO.show&FOUUID=9D5A301C-FF9F-8547-E68EF4E82698EFF6 (consulté en juillet 2020).

ARC – Australian Research Council, 2020a. *ARC Research Opportunity and Performance Evaluation (ROPE) Statement*, Australian Capital Territory, Australie, ARC.

ARC – Australian Research Council, 2020b. Australian Laureate Fellowships. Adresse : https://www.arc.gov.au/grants/discovery-program/australian-laureate-fellowships (consulté en décembre 2020).

ARIS – Centre for Advancing Research and Impact in Society, 2020. *Advancing Research Impact in Society. 2-Year Report*, ARIS.

ARISE – Advancing Research in Science and Engineering, 2008. *Investing in Early-Career Scientists and High-Risk High-Reward Research*, Cambridge, MA, American Academy of Arts and Sciences.

Arnold, E., P. Simmonds, K. Farla, P. Kolarz, B. Mahieu, et K. Nielsen, 2018. *Review of the Research Excellence Framework*, Brighton, Royaume-Uni, Technopolis group.

ASAPbio, s.d. Can I Preprint if I Want to Patent my Work? Adresse : https://asapbio.org/faq/can-i-preprint-if-i-want-to-patent-my-work (consulté en octobre 2020).

Athena SWAN Charter Review Independent Steering Group, 2020. *The Future of Athena SWAN*, York, Royaume-Uni, Advance HE.

Auriol, L., M. Misu, et R. A. Freeman, 2013. *Careers of Doctorate Holders: Analysis of Labour Market and Mobility Indicators*, Paris, France, OCDE.

Azoulay, P. et D. Li, 2020. « Scientific Grant Funding », dans Goolsbee, A. et B. Jones (réd.), *Innovation and Public Policy*, Chicago, IL, University of Chicago Press.

Bammer, G., 2016. « What constitutes appropriate peer review for recherche interdisciplinaire? », *Palgrave Communications*, vol. 2, no 1, p. 16017.

Barnett, A. G., S. R. Glisson, et S. Gallo, 2018. « Do funding applications where peer examinateurs disagree have higher citations? A cross-sectional study », *F1000Res*, vol. 7, p. 1030.

Baum, J. K., M. Dodd, K. Tietjen, et J. Kerr, 2017. *Restoring Canada's Competitiveness in Fundamental Research: The View from the Bench*, Halle, Allemagne, Global Young Academy.

Bedi, G., N. T. van Dam, et M. Munafo, 2012. « Gender inequality in awarded research grants », *The Lancet*, vol. 380, no 9840, p. 474.

Bem, S. L., 1974. « The measurement of psychological androgyny », *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, vol. 42, no 2, p. 155-162.

Bendavid, E., B. Mulaney, N. Sood, S. Shah, E. Ling, R. Bromley-Dulfano, ... J. Bhattacharya, 2020. « COVID-19 antibody seroprevalence in Santa Clara County, California », *medRxiv*, DOI:10.1101/2020.04.14.20062463.

Bendiscioli, S., 2019. « The troubles with peer review for allocating research funding », *EMBO Reports*, vol. 20, no 12, p. e49472.

Beninson, L. A., J. Koski, E. Villa, R. Faram, et S. E. Connor, 2011. « Evaluation of the Research Experiences for Undergraduates (REU) Sites Program », *Council on Undergraduate Research Quarterly*, vol. 32, no 1.

Bin, A., S. Salles-Filho, L. M. Capanema, et F. A. B. Colugnati, 2015. « What difference does it make? Impact of peer-reviewed scholarships on scientific production », *Scientometrics*, vol. 102, p. 1167–1188.

Bishop, D., 2020. Now is a Good Time for the UK to Ditch the REF and the TEF. Adresse : https://www.timeshighereducation.com/blog/now-good-time-uk-ditch-ref-and-tef (consulté en novembre 2020).

Blevins, C. et L. Mullen, 2015. « Jane, John... Leslie? A historical method for algorithmic gender prediction », *Digital Humanities Quarterly*, vol. 9, no 3, p. 2-2.

Bloch, C. et M. P. Sørensen, 2015. « The size of research funding: Trends and implications », *Science and Public Policy*, vol. 42, no 1, p. 30-43.

Bol, T., M. de Vaan, et A. van de Rijt, 2018. « The Matthew effect in science funding », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 115, no 19, p. 4887-4890.

Bollen, J., S. R. Carpenter, J. Lubchenco, et M. Scheffer, 2019. « Rethinking resource allocation in science », *Ecology and Society*, vol. 24, no 3, p. 1-3.

Boman, J., 2017. *2017 Career Tracking Survey of Doctorate Holders*, Strasbourg, France, European Science Foundation.

Bourguignon, J.-P., 2018. The Role of Competitive Research Funding in Science. Adresse : https://erc.europa.eu/news/erc-president-speech-role-competitive-research-funding-science (consulté en juin 2020).

Bourne, P. E., J. K. Polka, R. D. Vale, et R. Kiley, 2017. « Ten simple rules to consider regarding preprint submission », *PLoS Computational Biology*, vol. 13, no 5, p. 8-13.

Bozeman, B. et J. Youtie, 2017. « Socio-economic impacts and public value of government-funded research: Lessons from four US National Science Foundation initiatives », *Research Policy*, vol. 46, no 8, p. 1387-1398.

Breschi, S. et F. Malerba, 2011. « Assessing the scientific and technological output of EU Framework Programmes: evidence from the FP6 projects in the ICT field », *Scientometrics*, vol. 88, p. 239-257.

Bridle, H., A. Vrieling, M. Cardillo, Y. Araya, et L. Hinojosa, 2013. « Preparing for an interdisciplinaire future: A perspective from early-career researchers », *Futures*, vol. 53, p. 22-32.

Bromham, L., R. Dinnage, et X. Hua, 2016. « Interdisciplinary research has consistently lower funding success », *Nature*, vol. 534, no 7609, p. 684-687.

Buswell, R., L. Webb, V. Mitchell, et K. L. Mackley, 2017. « Multidisciplinary research: should effort be the measure of success? », *Building Research and Information*, vol. 45, no 5, p. 539-555.

CAC – Conseil des académies canadiennes, 2009. *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 – Conseil des académies canadiennes, 2012a. *Renforcer la capacité de recherche du Canada : La dimension de genre*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur les femmes dans la recherche universitaire, CAC.

CAC – Conseil des académies canadiennes, 2012b. 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 – Conseil des académies canadiennes, 2013. *Un paradoxe dissipé : Pourquoi le Canada est fort en recherche et faible en innovation*, Ottawa, ON, Comité consultatif, CAC.

CAC – 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, CAC.

CAC – Conseil des académies canadiennes, 2021. *Formés pour réussir*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur la transition des titulaires de doctorat vers le marché du travail, CAC.

Callaghan, C., 2020. Scale of COVID-19 Calls for New Approaches – Like Crowdsourcing – to Research. Adresse : https://theconversation.com/scale-of-covid-19-calls-for-new-approaches-like-crowdsourcing-to-research-135144 (consulté en juillet 2020).

Callaway, E., 2020. « Will the pandemic permanently alter scientific publishing? », *Nature*, vol. 582, p. 167-168.

Campbell, D., 2018. *Review of the Human Frontier Science Program*, Montréal, QC, Science-Metrix.

Campbell, D., P. Deschamps, G. Côté, G. Roberge, C. Lefebvre, et É. Archambault, 2015. *Application of an "interdisciplinaire" Metric at the Paper Level and its Use in a Comparative Analysis of the Most Publishing ERA and Non-ERA Universities*, Montréal, QC, Science-Metrix.

Cantwell, B., B. J. Taylor, et N. M. Johnson, 2020. « Ordering the global field of academic science: Money, mission, and position », *Studies in Higher Education*, vol. 45, no 1, p. 18-33.

Case Western Reserve University, 2018. Annual Plenary 2018 Presentations. Adresse : https://case.edu/ideal-n/presentations-and-publications/annual-plenary-2018-presentations (consulté en juillet 2018).

CCBPP – Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual, 2020. Mission. Adresse : http://benasque.org/general/cgi-bin/mission.pl (consulté en septembre 2020).

CCBPP – Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual, s.d. Make a Proposal. Adresse : http://benasque.org/general/cgi-bin/proposal.pl (consulté en janvier 2021).

CCDP – Commission canadienne des droits de la personnes, 2017. *Négligés : difficultés vécues par les personnes handicapées dans les établissements d'enseignement du Canada*, Ottawa, ON, CCDP.

CCRC – Comité de coordination de la recherche au Canada, 2019. *Renforcer la recherche canadienne – Rapport d'étape 2018-2019*, Ottawa, ON, gouvernement du Canada.

Chevalier, G., C. Chomienne, N. G. Jeanrenaud, J. Lane, et M. Ross, 2020. « A new approach for estimating research impact: An application to French cancer research », *Quantitative Science Studies*, p. 1-15.

cOAlition S, 2019. *Accelerating the Transition to Full and Immediate Open Access to Scientific Publications*, Bruxelles, Belgique, Science Europe.

cOAlition S. (s.d.). Funders that Have Endorsed Plan S and Are Jointly Working on its Implementation. Adresse : https://web.archive.org/web/20200831051030/https:/www.coalition-s.org/funders/ (consulté en juillet 2020).

Commission européenne, 2012a. *The Grand Challenge – The Design and Societal Impact of Horizon 2020*, Bruxelles, Belgique, Commission européenne.

Commission européenne, 2012b. *International Cooperation in Science, Technology, and Innovation: Strategies for a Changing World. Report of the Expert Group Established to Support the Further Development of an EU International STI Cooperation Strategy*, Bruxelles, Belgique, Commission européenne.

Commission européenne, 2016. *Open Public Online Consultation on the Science with and for Society Work Programme 2018-2020 — Description and Analysis of Results*, Bruxelles, Belgique, Commission européenne.

Commission européenne, 2019. *She Figures 2018*, Bruxelles, Belgique, Publications Office of the European Union.

Commission européenne. 2011. *Horizon 2020 – The Framework Programme for Research and Innovation*, Bruxelles, Belgique, Commission européenne.

Commonwealth of Australia, 2015. *National Innovation and Science Agenda*, Canberra, Australie, Department of the Prime Minister and Cabinet.

Croft, E., A. Farenhorst, T. Franz-Odendaal, N. Ghazzali, C. Mavriplis, V. J. Davidson, et J. Vassileva, 2012. *Chairs for Women in Science and Engineering – Coast-to-Coast Update 2012*, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada.

CRSH – Conseil de recherches en sciences humaines, 2020. Évaluation du Programme des chaires d'excellence en recherche du Canada et du Programme des chaires de recherche Canada 150, Ottawa, ON, CRSH.

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2009. *Stratégie en matière de partenariats et d'innovation*, Ottawa, ON, CRSNG.

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2014. Évaluation du programme La découverte du CRSNG – Rapport final : Conclusions du Comité d'examen international, Ottawa, ON, CRSNG.

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2015a. Bulletin Contact : Hiver 2015. Adresse : https://www.nserc-crsng.gc.ca/Media-Media/Newsletter-Bulletin/v39_n1/v39_n1_fra.asp (consulté en décembre 2020).

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2015b. *Plan stratégique de 2020 du CRSNG*, Ottawa, ON, CRSNG.

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2016. Évaluation de l'initiative de promotion des sciences et du génie : prix du CRSNG en sciences et en génie, Ottawa, ON, CRSNG.

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2020a. À propos du Programme PromoScience. Adresse : https://www.nserc-crsng.gc.ca/promoter-promotion/promoscience-promoscience/about-apropos_fra.asp (consulté en juillet 2020).

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2020b. Base de données sur les subventions et bourses du CRSNG. Adresse : https://www.nserc-crsng.gc.ca/ase-oro/index_fra.asp (consulté en septembre 2020).

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2020c. *Statistiques sur les concours de 2020 de subventions à la découverte, de subventions d'outils et d'instruments de recherche et de subventions en physique subatomique*, Ottawa, ON, CRSNG.

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2020d. Évaluation du Programme de recherche axée sur la découverte du CRSNG – Rapport final, Ottawa, ON, CRSNG.

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2020e. Subventions à la découverte axées sur le développement. Adresse : https://www.nserc-crsng.gc.ca/professors-professeurs/grants-subs/discoverypilot-decouvertepilote_fra.asp (consulté en octobre 2020).

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2020f. Programme de bourses postdoctorales. Adresse : https://www.nserc-crsng.gc.ca/students-etudiants/pd-np/pdf-bp_fra.asp (consulté en décembre 2020).

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2020g. Programme de chaires pour les femmes en sciences et en génie. Adresse : https://www.nserc-crsng.gc.ca/Professors-Professeurs/CFS-PCP/CWSE-CFSG_fra.asp (consulté en septembre 2020).

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2020h. Programme de formation orientée vers la nouveauté, la collaboration et l'expérience en recherche. Adresse : https://www.nserc-crsng.gc.ca/professors-professeurs/grants-subs/create-foncer_fra.asp (consulté en décembre 2020).

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2020i. Subventions Alliance – Financement du projet de recherche. Adresse : https://www.nserc-crsng.gc.ca/Innovate-Innover/alliance-alliance/funding-financement_fra.asp (consulté en janvier 2021).

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2020j. Catégories de candidats dans le cadre des subventions à la découverte. Adresse : https://www.nserc-crsng.gc.ca/Professors-Professeurs/Grants-Subs/DGCategories-SDCategories_fra.asp (consulté en décembre 2020).

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2020k. Subventions de renforcement de la capacité des établissements en matière d'équité, de diversité et d'inclusion. Adresse : https://www.nserc-crsng.gc.ca/Institutions-Etablissements/EDI-Capacity_fra.asp (consulté en novembre 2020).

Cuntz, A., 2016. « Do public R&D funds affect the location choices of elite scientists in Europe? », *Research Evaluation*, vol. 25, no 4, p. 383-395.

Curry, S., d. R. Sarah, H. Anna, P. Dorsamy, v. d. W. Inge, et W. James, 2020. *The Changing Role of Funders in Responsible Research Assessment: Progress, Obstacles and the Way Ahead*, Londres, Royaume-Uni, Research on Research Institute.

CZI – Chan Zuckerberg Initiative, 2020. Imaging Scientists Cycle 2 RFA — Frequently Asked Questions. Adresse : https://chanzuckerberg.com/rfa/chan-zuckerberg-initiative-imaging-scientists/ (consulté en décembre 2020).

Dahlander, L. et D. A. McFarland, 2013. « Ties that last: Tie formation and persistence in research collaborations over time », *Administrative Science Quarterly*, vol. 58, no 1, p. 69-110.

Davenport, M., 2014. « Research Experience for Students with Disabilities », *Chemical & Engineering News* (1er septembre).

Degelsegger-Marquéz, A., I. Wagner, S. Kroop, J. Rigby, et D. Cox, 2017. *Portfolio Evaluation FWF International Programmes*, Vienne, Autriche, Centre for Social Innovation.

DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft, 2018. *Crossing Borders – Interdisciplinary Reviews and Their Effects. An exploration based on new proposals for DFG individual grants (2005 to 2010)*, Bonn, Allemagne, DFG.

Didili, Z., 2020. The Future of an Innovative Europe. Adresse : https://www.neweurope.eu/article/the-future-of-an-innovative-europe/ (consulté en octobre 2020).

Donald, A., P. H. Harvey, et A. R. McLean, 2011. « Athena SWAN awards: Bridging the gender gap in UK science », *Nature Correspondence*, vol. 478, p. 36.

DORA – San Francisco Declaration on Research Assessment, 2012. San Francisco Declaration on Research Assessment. Adresse : https://sfdora.org/read/ (consulté en novembre 2020).

Doudna, J., 2020. « The World After Covid-19 », *The Economist* (5 juin).

Drugge, A., 2016. « Introduction », dans Drugge, A. (réd.), *Ethics in Indigenous Research: Past Experiences – Future Challenges*, Umeå, Suède, Vaartoe – Centre for Sami Research.

DSP – Dialogue Sciences & Politiques, 2019. *Repenser le financement fédéral de la recherche : Vers un financement plus équitable pour la relève du Canada*, Montréal, QC, DSP.

Durie, M., 2009. *Towards Social Cohesion — the Indigenisation of Higher Education in New Zealand*, communication présentée dans le cadre du Vice-Chancellors' Forum, Kuala Lumpur, Malaisie.

Duval-Couetil, N., A. Huang-Saad, et M. Wheadon, 2020. « Training faculty in entrepreneurship and innovation: An evaluation of the National Science Foundation Innovation-Corps™ Program », *Entrepreneurship Education and Pedagogy*, DOI:10.1177/2515127420929383.

Easterly, D. et C. L. A. Pemberton, 2008. « Understanding barriers and supports to proposal writing as perceived by female associate professors: achieving promotion to professor », *Research Management Review*, vol. 16, no 1, p. 1-17.

Ebadi, A. et A. Schiffauerova, 2016. « iSEER: An intelligent automatic computer system for scientific evaluation of researchers », *Scientometrics*, vol. 107, no 2, p. 477-498.

Editorial, 2020. « DARPA 'lookalikes' must ground their dreams in reality », *Nature*, vol. 579, no 7798, p. 173-174.

Eichengreen, B., C. G. Aksoy, et O. Saka, 2021. « Revenge of the experts: Will COVID-19 renew or diminish public trust in science? », *Journal of Public Economics*, vol. 193, p. 104343.

Ekos Research Associates, 2013. Évaluation du Programme de bourses postdoctorales du CRSNG : Rapport final, Ottawa, ON, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG).

EPSRC – Engineering and Physical Sciences Research Council, 2009. Amendments to Policy for Repeatedly Unsuccesful Applicants. Adresse : https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20091112201553/http://www.epsrc.ac.uk/Content/News/PolicyAmendRUA.htm (consulté en octobre 2020).

EPSRC – Engineering and Physical Sciences Research Council, 2018a. ESPRC 2018 CDTs. Adresse : https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20200930192105/https://epsrc.ukri.org/funding/calls/epsrc-2018-cdts-outline/ (consulté en décembre 2020).

EPSRC – Engineering and Physical Sciences Research Council, 2018b. CDT 2018 Call: External Engagement. Adresse : https://epsrc.ukri.org/files/skills/epsrc-centres-for-doctoral-training-presentation-slides/ (consulté en décembre 2020).

EPSRC – Engineering and Physical Sciences Research Council, 2020a. Change to Pathways to Impact: EPSRC External Briefing. Adresse : https://epsrc.ukri.org/files/funding/change-to-pathways-to-impact-epsrc-external-briefing/ (consulté en décembre 2020).

EPSRC – Engineering and Physical Sciences Research Council, 2020b. Centres for Doctoral Training. Adresse : http://www.epsrc.ac.uk/skills/students/centres/ (consulté en décembre 2020).

ERC – Conseil européen de la recherche, 2014. *Science Behind the Projects: Research Funded by the European Research Council in FP7 (2007-2013)*, Bruxelles, Belgique, ERC.

ERC – Conseil européen de la recherche, 2018a. *ERC Monitoring and Evaluation Strategy 2018*, Bruxelles, Belgique, ERC.

ERC – Conseil européen de la recherche, 2018b. *Qualitative Evaluation of Completed Projects Funded by the European Research Council (2017)*, Bruxelles, Belgique, Commission européenne.

ERC – Conseil européen de la recherche, 2020a. ERC Work Programme 2020. Adresse : https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/erc/h2020-wp20-erc_en.pdf (consulté en juillet 2020).

ERC – Conseil européen de la recherche, 2020b. Synergy Grants. Adresse : https://erc.europa.eu/node/2289 (consulté en septembre 2020).

ESF – European Science Foundation, 2009. *Evaluation in National Research Funding Agencies: Approaches, Experiences and Case Studies*, Strasbourg, France, ESF Member Organisation Forum.

ESF – European Science Foundation, 2012. *Evaluation in Research and Research Funding Organisations: European Practices*, Strasbourg, France, ESF Member Organisation Forum.

ESRC – Economic and Social Research Council, 2016. *Demand Management*, Swindon, Royaume-Uni, ESRC.

Eurydice Report, 2017. *Modernisation of Higher Education in Europe: Academic Staff – 2017*, Bruxelles, Belgique, Commission européenne.

Fang, F. C., A. Bowen, et A. Casadevall, 2016. « NIH peer review percentile scores are poorly predictive of grant productivity », *Elife*, vol. 5.

FAPESP – São Paulo Research Foundation, 2018. *FAPESP Programs for Supporting Collaborative Research with Companies*, São Paulo, Brésil, FAPESP.

Faucher, K., 2014. « Welcome to a New Space for Adjunct Faculty », *University Affairs* (5 février).

Feller, I., 2000. « Social contracts and the impact of matching fund requirements on American research universities », *Educational Evaluation and Policy Analysis*, vol. 22, no 1, p. 91-98.

Ferguson, N. M., D. Laydon, G. Nedjati-Gilani, N. Imai, K. Ainslie, M. Baguelin, … A. C. Ghani, 2020. *Impact of Non-Pharmaceutical Interventions (NPIs) to Reduce COVID-19 Mortality and Healthcare Demand*, Londres, Royaume-Uni, Imperial College London.

Ferreira, C. et C. Klutsch, 2018. How Canada can Attract International Talent and Improve Knowledge Exchange. Adresse : https://www.universityaffairs.ca/opinion/in-my-opinion/how-canada-can-attract-international-talent-and-improve-knowledge-exchange/ (consulté en août 2019).

Flood, C. et R. Schuett, 2017. *Canada's Research Environment for Early Career Researchers*, Ottawa, ON, Brougham Consulting Inc.

Forskningsradet, s.d. *Work Programme 2017-2027: Programme for Sámi Research III (SAMISK III)*, Lysaker, Norvège, Forskningsradet,

Fortunato, S., C. T. Bergstrom, K. Börner, J. A. Evans, D. Helbing, S. Milojević, … A.-L. Barabási, 2018. « Science of science », *Science*, vol. 359, no 6379, p. eaao0185.

Frantsvåg, J. E. et T. E. Strømme, 2019. « Few open access journals are compliant with Plan S », *Publications*, vol. 7, p. 26.

Franzoni, C., G. Scellato, et P. Stephan, 2012. « Foreign-born scientists: Mobility patterns for 16 countries », *Nature Biotechnology*, vol. 30, p. 1250-1253.

Frederickson, M., 2020. COVID-19's Gendered Impact on Academic Productivity. Adresse : https://github.com/drfreder/pandemic-pub-bias/blob/master/README.md (consulté en juillet 2020).

FRQNT– Fonds de recherche Nature et technologie Québec, 2019. Prise en compte des efforts pour l'équité, la diversité et l'inclusion dans l'évaluation des demandes de subventions au FRQNT. Adresse : http://www.frqnt.gouv.qc.ca/documents/10179/4748671/FRQNT_EDI_LIGNES_DIRECTRICES_FR_31-07-2019.pdf/b8c53c03-bef1-4054-9cf5-20112dd419c5 (consulté en octobre 2020).

FRQS – Fonds de recherche Santé Québec, 2018. Chercheurs-boursiers -Junior 1, Junior 2 et Senior. Adresse : http://www.frqs.gouv.qc.ca/en/bourses-et-subventions/consulter-les-programmes-remplir-une-demande/bourse?id=x52bywii1527687746902& (consulté en décembre 2020).

FRQSC – Fonds de recherche Société et culture du Québec, 2020. Intersectoriel AUDACE – Concours automne 2020. Adresse : http://www.frqsc.gouv.qc.ca/fr/bourses-et-subventions/consulter-les-programmes-remplir-une-demande/bourse/intersectoriel-audace-concours-automne-2020-jd0sdqwk1593529248340 (consulté en décembre 2020).

Gallo, S., L. Thompson, K. Schmaling, et S. Glisson, 2018. « Risk evaluation in peer review of grant applications », *Environment Systems and Decisions*, vol. 38, no 2, p. 216-229.

Gandy, A., R. Noven, et G. Hahn, 2018. « Does the success of a grant application depend on gender, nationality, or ethnicity? An observational study », *SSRN Electronic Journal*, DOI:10.2139/ssrn.3272738.

Garde, D. et J. Saltzman, 2020. The Story of mRNA: How a Once-dismissed Idea Became a Leading Technology in the Covid Vaccine Race. Adresse : https://www.statnews.com/2020/11/10/the-story-of-mrna-how-a-once-dismissed-idea-became-a-leading-technology-in-the-covid-vaccine-race/ (consulté en janvier 2021).

Gaucher, D., J. Friesen, et A. C. Kay, 2011. « Evidence that gendered wording in job advertisements exists and sustains gender inequality », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 101, no 1, p. 109-128.

GC – Gouvernement du Canada, 2017. Chaires de recherche du Canada : Modifications aux règles régissant le renouvellement du mandat des titulaires d'une chaire de niveau 1, à la répartition des chaires attribuées et plus. Adresse : https://www.chairs-chaires.gc.ca/whats_new-quoi_de_neuf/2017/tier_1-niveau_1-fra.aspx (consulté en février 2021).

GC – Gouvernement du Canada, 2019a. Établir de nouvelles orientations à l'appui de la recherche et de la formation en recherche autochtone au Canada, Ottawa, ON, GC.

GC – Gouvernement du Canada, 2019b. Chaires de recherche du Canada : Statistiques. Adresse : https://www.chairs-chaires.gc.ca/about_us-a_notre_sujet/statistics-statistiques-fra.aspx (consulté en juillet 2020).

GC – Gouvernement du Canada, 2019c. Le gouvernement du Canada invite le milieu de la recherche à contribuer à la conception du fonds Nouvelles frontières en recherche. Adresse : https://www.canada.ca/fr/recherches-sciences-humaines/nouvelles/2019/06/le-gouvernement-du-Canada-invite-le-milieu-de-la-recherche-a-contribuer-a-la-conception-du-fonds-Nouvelles-frontieres-en-recherche.html (consulté en octobre 2020).

GC – Gouvernement du Canada, 2019d. Dimensions : Équité, diversité et inclusion. Adresse : https://www.nserc-crsng.gc.ca/NSERC-CRSNG/EDI-EDI/Dimensions-Charter_Dimensions-Charte_fra.asp (consulté en décembre 2020).

GC – Gouvernement du Canada, 2020a. L'équité, la diversité et l'inclusion (EDI) en action aux IRSC. Adresse : https://cihr-irsc.gc.ca/f/51693.html (consulté en novembre 2020).

GC – Gouvernement du Canada, 2020b. Concours 2020 du volet Exploration. Adresse : https://www.sshrc-crsh.gc.ca/funding-financement/nfrf-fnfr/exploration/2020/competition-concours-fra.aspx (consulté en décembre 2020).

GC – Gouvernement du Canada, 2020c. *Rapport annuel de la Conseillère scientifique en chef 2019-2020*, Ottawa, ON, Bureau du conseiller scientifique en chef du Canada.

GC – Gouvernement du Canada, 2020d. Au sujet du Comité de coordination de la recherche au Canada : Mandat. Adresse : https://www.canada.ca/fr/comite-coordination-recherche/organisation/au-sujet-du-comite-de-coordination-de-la-recherche-au-canada.html (consulté en décembre 2020).

GC – Gouvernement du Canada, 2021a. Indicateurs de mérite du processus d'évaluation : Exploration 2020. Utilisation des grilles d'évaluation. Adresse : https://www.sshrc-crsh.gc.ca/funding-financement/nfrf-fnfr/exploration/2020/merit_indicators-indicateurs_du_merite-fra.aspx (consulté en janvier 2021).

GC – Gouvernement du Canada, 2021b. Chaires de recherche du Canada : Mise en candidature d'un titulaire de chaire. Adresse : https://www.chairs-chaires.gc.ca/program-programme/nomination-mise_en_candidature-fra.aspx (consulté en février 2021).

Gerritsen, S., E. Plug, et K. van der Wiel, 2013. *Up or Out? How Individual Research Grants Affect Academic Careers in the Netherlands*, La Haye, Pays-Bas, CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.

Gewin, V., 2012. « Risky research: The sky's the limit », *Nature*, vol. 487, no 7407, p. 395-397.

Gewin, V., 2021. « Respect and representation: Indigenous scientists seek inclusion for their knowledge and for themselves », *Nature*, vol. 589, p. 315-317.

Ghaffarzadegan, N. et R. Xu, 2018. « Late retirement, early careers, and the aging of U.S. science and engineering professors », *PLOS ONE*, vol. 13, no 12, p. e0208411.

Gibson, C., T. Stutchbury, V. Ikutegbe, et N. Michielin, 2019. « Challenge-led interdisciplinary research in practice: Program design, early career research, and a dialogic approach to building unlikely collaborations », *Research Evaluation*, vol. 28, no 1, p. 51-62.

Gifford, H. et A. Boulton, 2007. « Conducting excellent research with indigenous communities: Balancing commitment to community and career », *AlterNative: An International Journal of Indigenous Peoples*, vol. 3, no 2, p. 24-45.

Gittelsohn, J., A. Belcourt, M. Magarati, C. Booth-LaForce, B. Duran, S. Mishra, … V. Jernigan, 2020. « Building capacity for productive indigenous community-university partnerships », *Prevention Science*, vol. 21, no 1, p. 22-32.

Glauser, W., 2017. « The Unloved Canadian Common CV is in for an Overhaul », *University Affairs* (4 octobre).

Glauser, W., 2019. « Kill the Canadian Common CV, Researchers urge the Tri-Council », *University Affairs* (30 septembre).

Global Grand Challenges, 2020. About Grand Challenges. Adresse : https://gcgh.grandchallenges.org/about (consulté en décembre 2020).

Global Young Academy, 2018. *Publishing Models, Assessment, and Open Science – Report and Outcomes from a Workshop held by the Global Young Academy*, Halle, Allemagne, German National Academy of Sciences Leopoldina.

Gordon, R. et B. J. Poulin, 2009a. « Indeed: Cost of the NSERC Science Grant Peer Review System exceeds the cost of giving every qualified researcher a baseline grant », *Accountability in Research*, vol. 16, no 4, p. 232-233.

Gordon, R. et B. J. Poulin, 2009b. « Cost of the NSERC science grant peer review system exceeds the cost of giving every qualified researcher a baseline grant », *Accountability in Research*, vol. 16, no 1, p. 13-40.

Gouv. de l'Ont. – Gouvernement de l'Ontario, 2017. *Loi de 2017 sur les établissements autochtones, L.O. 2017, chap. 34, annexe 20*, Toronto, ON, Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Gouv. des Pays-Bas (gouvernement des Pays-Bas), 2014. *2025 Vision for Science*, La Haye, Pays-Bas, Ministry of Eduction, Culture and Science.

Grand Défis Canada, s.d. Qui nous sommes. Adresse : https://www.grandchallenges.ca/fr-ca/qui-nous-sommes/ (consulté en décembre 2020).

Grant, B., 2017. « Philanthropic Funding Makes Waves in Basic Science », *The Scientist* (30 novembre).

Grant, J., 2020. Pandemic will Reshape How—and Why—the UK Supports Research. Adresse : https://www.researchprofessionalnews.com/rr-news-uk-views-of-the-uk-2020-4-pandemic-will-reshape-how-and-why-the-uk-supports-research/ (consulté en juillet 2020).

Graves, A., A. Rowell, et E. Hunsicker, 2019. *An Impact Evaluation of the Athena SWAN Charter*, Heslington, Royaume-Uni, Advance HE.

Guarino, C. M. et V. M. H. Borden, 2017. « Faculty service loads and gender: Are women taking care of the academic family? », *Research in Higher Education*, vol. 58, p. 672–694.

Gush, J., A. Jaffe, V. Larsen, et A. Laws, 2018. « The effect of public funding on research output: The New Zealand Marsden Fund », *New Zealand Economic Papers*, vol. 52, no 2, p. 227-248.

Guthrie, S., I. Ghiga, et S. Wooding, 2018. *What do we Know About Grant Peer Review in the Health Sciences? An Updated Review of the Literature and Six Case Studies*, Cambridge, Royaume-Uni, RAND Europe.

Hall, K. L., A. L. Vogel, G. C. Huang, K. J. Serrano, E. L. Rice, S. P. Tsakraklides, et S. M. Fiore, 2018. « The science of team science: A review of the empirical evidence and research gaps on collaboration in science », *American Psychologist*, vol. 73, no 4, p. 532-548.

Halliwell, J. E., s.d. *Centres of Excellence as a Tool for Capacity Building – Canada Case Study*, Paris, France, OCDE.

Haustein, S., 2019. « Scholarly Twitter Metrics », dans Glänzel, W., H. F. Moed, U. Schmoch et M. Thelwall (réd.), *Springer Handbook of Science and Technology Indicators*, Cham, Suisse, Springer International Publishing.

Heiss, A., 2019. « Big data challenges in big science », *Computing and Software for Big Science*, vol. 3, p. 15.

Hellström, T., L. Jabrane, et E. Brattström, 2018. « Center of excellence funding: Connecting organizational capacities and epistemic effects », *Research Evaluation*, vol. 27, no 2, p. 73-81.

Herbert, D. L., A. G. Barnett, P. Clarke, et N. Graves, 2013. « On the time spent preparing grant proposals: An observational study of Australian researchers », *BMJ Open*, vol. 3, no 5, p. e002800.

HHMI – Howard Hughes Medical Institute, 2017. *HHMI: Catalyst for Discovery*, Chevy Chase, MD, Howard Hughes Medical Institute.

Hicks, D., 2016. « Grand Challenges in US science policy attempt policy innovation », *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, vol. 11, nos 1-3, p. 22-42.

Hicks, D., P. Wouters, L. Waltman, S. de Rijcke, et I. Rafols, 2015. « Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics », *Nature*, vol. 520, no 7548, p. 429-431.

Hofstra, B., V. Kulkarni, S. Galvez, B. He, D. Jurafsky, et D. McFarland, 2020. « The diversity–innovation paradox in science », *PNAS*, vol. 117, no 7, p. 9284-9291.

Hook, D. et P. Simon, 2020. *How COVID-19 is Changing Research Culture*, Londres, Royaume-Uni, Digital Science.

Hu, J. C., 2019. NSF Graduate Fellowships Disproportionately go to Students at a Few Top Schools. Adresse : https://www.sciencemag.org/careers/2019/08/nsf-graduate-fellowships-disproportionately-go-students-few-top-schools (consulté en août 2020).

Ida, T. et N. Fukuzawa, 2013. « Effects of large-scale research funding programs: A Japanese case study », *Scientometrics*, vol. 94, p. 1253-1273.

Institute of Medicine, 2004. « Assessment of Alternative Sources and Mechanisms of Nonfederal Support », dans McGeary, M. et K. E. Hanna (réd.), *Strategies to Leverage Research Funding: Guiding DOD's Peer Reviewed Medical Research Programs*, Washington, DC, National Academies Press.

Institute of Medicine, 2007. *Beyond Bias and Barriers: Fulfilling the Potential of Women in Academic Science and Engineering*, Washington, DC, National Academy of Sciences, National Academy of Engineering et Institute of Medicine.

Intemann, K., 2009. « Why diversity matters: Understanding and applying the diversity component of the National Science Foundation's broader impacts criterion », *Social Epistemology*, vol. 23, nos 3-4, p. 249-266.

Ioannidis, J. P. A., 2011. « Fund people not projects », *Nature*, vol. 477, no 7366, p. 529-531.

IRSC – Instituts de recherche en santé du Canada, 2019a. Volets de l'ERRSA. Adresse : https://IRSC-irsc.gc.ca/f/51163.html (consulté en novembre 2020).

IRSC – Instituts de recherche en santé du Canada, 2019b. Principaux facteurs entourant la décision de mettre fin au Programme de subventions Fondation. Adresse : https://cihr-irsc.gc.ca/f/51418.html (consulté en juin 2020).

IRSC – Instituts de recherche en santé du Canada, 2020a. Subventions Projet : Admissibilité. Adresse : https://cihr-irsc.gc.ca/f/49805.html (consulté en novembre 2020).

IRSC – Instituts de recherche en santé du Canada, 2020b. Résultats de la possibilité de financement canadienne pour une intervention de recherche rapide contre la COVID-19. Adresse : https://cihr-irsc.gc.ca/f/51908.html (consulté en novembre 2020).

IRSC – Instituts de recherche en santé du Canada, 2020c. Annonce : Membres du Groupe de référence sur les bonnes pratiques d'évaluation par les pairs pour la recherche autochtone. Adresse : https://cihr-irsc.gc.ca/f/52136.html (consulté en octobre 2020).

ISDE – Innovation, Sciences et Développement économique Canada, 2017a. *Rapport d'évaluation final de l'Institut périmètre de physique théorique*, Ottawa, ON, ISED.

ISDE – Innovation, Sciences et Développement économique Canada, 2017b. *Rapport d'évaluation final du CIFAR*, Ottawa, ON, ISED.

ISDE – Innovation, Sciences et Développement économique Canada, 2017c. *Rapport d'évaluation final de MITACS*, Ottawa, ON, ISED.

ISDE – Innovation, Sciences et Développement économique Canada, 2020. *Rapport d'évaluation de Genome Canada*, Ottawa, ON, ISED.

ITK – Inuit Tapiriit Kanatami, 2018. *Stratégie nationale inuite sur la recherche*, Ottawa, ON, ITK.

Jacob, B. A. et L. Lefgren, 2011. « The impact of NIH postdoctoral training grants on scientific productivity », *Research Policy*, vol. 40, no 6, p. 864-874.

Janger, J., N. Schmidt, et A. Strauss, 2019. *International Differences in Basic Research Grant Funding – a Systematic Comparison*, Berlin, Allemagne, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) – Commission of Experts for Research and Innovation.

Johnson, C., R. L. Chisholm, et E. G. Neilson, 2015. « Managing, Funding, and Supporting Research », dans Wartman, S. A. (réd.), *The Transformation of Academic Health Centers: The Institutional Challenge to Improve Health and Well-Being in Healthcare's Changing Landscape*, Cambridge, MA, Academic Press.

Joly, P.-B., A. Gaunand, L. Colinet, P. Larédo, S. Lemarié, et M. Matt, 2015. « ASIRPA: A comprehensive theory-based approach to assessing the societal impacts of a research organization », *Research Evaluation*, vol. 24, no 4, p. 440-453.

Jöns, H., 2011. « Transnational academic mobility and gender », *Globalisation, Societies and Education*, vol. 9, no 2, p. 183-209.

JST – Japan Science and Technology Agency, 2020a. JST Announces 19 Project Managers Selected for Four Goals of the Moonshot Research and Development Program. Adresse : https://www.jst.go.jp/pr/info/info1450/pdf/info1450_en.pdf (consulté en décembre 2020).

JST – Japan Science and Technology Agency, 2020b. Guidelines for Operation and Evaluation of the Moonshot R&D Program. Adresse : https://www.jst.go.jp/moonshot/en/application/202002/pdf/m-policy_en.pdf (consulté en décembre 2020).

Juutilainen, S. A. et L. Heikkilä, 2016. « Moving forward with Sámi research ethics: how the dialogical process to policy development in Canada supports the course of action for the Nordic countries », dans Drugge, A. (réd.), *Ethics in Indigenous Research: Past Experiences – Future Challenges*, Umeå, Suède, Vaartoe – Centre for Sami Research.

Kamenetzky, J. R., 2013. « Opportunities for impact: Statistical analysis of the National Science Foundation's broader impacts criterion », *Science and Public Policy*, vol. 40, no 1, p. 72-84.

Katz, Y. et U. Matter, 2017. *On the Biomedical Elite: Inequality and Stasis in Scientific Knowledge Production*, Cambridge, MA, Berkman Klein Center for Internet & Society Research Publication.

Katz, Y. et U. Matter, 2019. « Metrics of inequality: The concentration of resources in the US biomedical elite », *Science as Culture*, vol. 29, no 4, p. 475-502.

Kavli Foundation, 2020a. Institutes. Adresse : https://www.kavlifoundation.org/institutes (consulté en décembre 2020).

Kavli Foundation, 2020b. Kavli Meetings. Adresse : https://web.archive.org/web/20201203235650/https:/www.kavlifoundation.org/kavli-meetings (consulté en décembre 2020).

Kelly, N., J. Doyle, et M. Parker, 2020. « Methods for assessing higher education research team collaboration: Comparing research outputs and participant perceptions across four collaborative research teams », *Higher Education Research & Development*, vol. 39, no 2, p. 215-229.

Kerzendorf, W. E., F. Patat, D. Bordelon, G.van de Ven, et T. A. Pritchard, 2020. « Distributed peer review enhanced with natural language processing and machine learning », *Nature Astronomy*, vol. 4, no 7, p. 711-717.

Kezar, A., D. Maxey, et E. Holcombe, 2016. « The professoriate reconsidered: A study of new faculty models », *Thought and Action*, vol. 32, no 1, p. 65-88.

Khan, M. S., F. Lakha, M. M. J. Tan, S. R. Singh, R. Y. C. Quek, E. Han, … H. Legido-Quigley, 2019. « More talk than action: Gender and ethnic diversity in leading public health universities », *The Lancet*, vol. 393, p. 594-600.

King, M. M. et M. E. Frederickson, 2020. « The pandemic penalty: The gendered effects of COVID-19 on scientific productivity », *SocArXiv Papers*, DOI:10.31235/osf.io/31238hp31237m.

Knight, J., E. Comino, E. Harris, et L. Jackson-Pulver, 2009. « Indigenous research: A commitment to walking the talk. The Gudaga study—an Australian case study », *Journal of Bioethical Inquiry*, vol. 6, no 4, p. 467-476.

Kolarz, P., E. Arnold, K. Farla, S. Gardham, K. Nielsen, C. Rosemberg-Montes, et M. Wain, 2016. *Evaluation of the ESRC Transformative Research Scheme*, Brighton, Royaume-Uni, Technopolis Group.

Kramer, J., 2020. « Women in Science May Suffer Lasting Career Damage from COVID-19 », *Scientific American* (12 août).

Kreps, S. E. et D. L. Kriner, 2020. « Model uncertainty, political contestation, and public trust in science: Evidence from the COVID-19 pandemic », *Science Advances*, vol. 6, no 43, p. eabd4563.

Kuo, M., 2017. Staff Scientists Find Satisfaction in Playing the Support Role. Adresse : https://www.sciencemag.org/careers/2017/03/staff-scientists-find-satisfaction-playing-support-role (consulté en décembre 2020).

Kwon, D., 2020. « How preprint servers are blocking bad coronavirus research », *Nature*, vol. 581, no 7807, p. 130-131.

Lane, J. I, K. H. Fealing, J. H. Marburger III, et S. S. Shipp, 2011. *The Science of Science Policy: A Handbook*, Palo Alto, CA, Stanford University Press.

Langfeldt, L., M. Benner, G. Sivertsen, E. H. Kristiansen, D. W. Aksnes, S. B. Borlaug, … A. Pelkonen, 2015. « Excellence and growth dynamics: A comparative study of the Matthew effect », *Science and Public Policy*, vol. 42, p. 661-675.

Larivière, V. et C. R. Sugimoto, 2018. « Do authors comply with mandates for open access? », *Nature*, vol. 562, no 7728, p. 483-486.

Larivière, V., B. Macaluso, P. Mongeon, K. Siler, et C. R. Sugimoto, 2018. « Vanishing industries and the rising monopoly of universities in published research », *PLOS ONE*, vol. 13, no 8, p. e0202120.

Lauer, M., 2020. Anonymizing Peer Review for the NIH Director's Transformative Research Applications. Adresse : https://nexus.od.nih.gov/all/2020/05/27/anonymizing-peer-review-for-the-nih-directors-transformative-research-award-applications/ (consulté en juillet 2020).

Leberman, S. I., B. Eames, et S. Barnett, 2016. « 'Unless you are collaborating with a big name successful professor, you are unlikely to receive funding' », *Gender and Education*, vol. 28, no 5, p. 644-661.

Lee, B. et L. A. Tabak, 2019. ACD High-Risk, High-Reward: Working Group Interim Recommendations. Adresse : https://acd.od.nih.gov/documents/presentations/06132019HRHR.pdf (consulté en août 2020).

Li, J. P., Y. J. Xie, D. S. Wu, et Y. P. Chen, 2017. « Underestimating or overestimating the distribution inequality of research funding? The influence of funding sources and subdivision », *Scientometrics*, vol. 112, no 1, p. 55-74.

Liu, M., V. Choy, P. Clarke, A. Barnett, T. Blakely, et L. Pomeroy, 2020. « The acceptability of using a lottery to allocate research funding: A survey of applicants », *Research Integrity and Peer Review*, vol. 5, no 1, p. 3.

Lorentz Center, 2020a. *Report of the Lorentz Center Evaluation 2018*, Leyde, Pays-Bas, Lorentz Center.

Lorentz Center, 2020b. About Us. Adresse : https://www.lorentzcenter.nl/about-us.html (consulté en septembre 2020).

Lorentz Center, s.d. Organize a Workshop. Adresse : https://www.lorentzcenter.nl/organize-a-workshop.html (consulté en janvier 2021).

Lowe, D., 2021. In the Pipeline: RNA Vaccines and Their Lipids. Adresse : https://blogs.sciencemag.org/pipeline/archives/2021/01/11/rna-vaccines-and-their-lipids (consulté en janvier 2021).

Lyon, L., 2016. « Transparency: The emerging third dimension of Open Science and Open Data », *Liber Quarterly*, vol. 25, no 4, p. 153-171.

Ma, A., R. J. Mondragón, et V. Latora, 2015. « Anatomy of funded research in science », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, no 48, p. 14760.

Madera, J., M. R. Hebl, et R. C. Martin, 2009. « Gender and letters of recommendation for academia: agentic and communal differences », *Journal of Applied Psychology*, vol. 94, no 6, p. 1591–1599.

Manson, S. M., R. T. Goins, et D. S. Buchwald, 2006. « The Native Investigator Development Program: Increasing the presence of American Indian and Alaska Native scientists in aging-related research », *Journal of Applied Gerontology*, vol. 25, no 1, p. 105S-130S.

Marburger, J., 2007. « Chapter 2: The Science of Science and Innovation Policy », dans OCDE (réd.), *Science, Technology and Innovation Indicators in a Changing World: Responding to Policy Needs*, Paris, France, OCDE.

Marginson, S., 2006. « Dynamics of national and global competition in higher education », *Higher Education*, vol. 52, p. 1-39.

Maxwell, K. et P. Benneworth, 2018. « The construction of new scientific norms for solving Grand Challenges », *Palgrave Communications*, vol. 4, p. 52.

Mazzocchi, F, 2019. « Scientific research across and beyond disciplines: Challenges and opportunities of interdisciplinarity », *EMBO reports*, vol. 20, no 6, p. e47682.

McCoy, D. L., R. Winkle-Wagner, et C. L. Luedke, 2015. « Colorblind mentoring? Exploring white faculty mentoring of students of color », *Journal of Diversity in Higher Education*, vol. 8, no 4, p. 225-242.

Mehra, M. R., S. S. Desai, S. Kuy, T. D. Henry, et A. N. Patel, 2020. « Cardiovascular disease, drug therapy, and mortality in Covid-19 », *New England Journal of Medicine*, vol. 382, no 25, p. 1-7.

Meier, W. et F. Santiago, 2015. *Evaluation of Canadian Institute for Advanced Research Final Report* ???, Montréal, QC, Science-Metrix.

Mejlgaard, N. et K. Aagaard, 2017. « The Social Contract of Science », dans Shin, J. C. et P. Teixeira (réd.), *Encyclopedia of International Higher Education Systems and Institutions*, Dordrecht, Pays-Bas, Springer Netherlands.

Merton, R. K., 1968. « The Matthew Effect in science », *Science*, vol. 159, no 3810, p. 56-63.

Mervis, J., 2007. « NSF to revisit cost-sharing policies », *Science*, vol. 316, no 5822, p. 184.

Mervis, J., 2014. « Just one proposal per year, please, NSF tells astronomers », *Science*, vol. 344, no 6190, p. 1328-1328.

Meyer, K. A. et Y. J. Xu, 2009. « A causal model of factors influencing faculty use of technology », *Journal of Asynchronous Learning Networks*, vol. 13, no 2, p. 57-70.

Michelson, E., 2020. *Philanthropy and the Future of Science and Technology*, Londres, Royaume-Uni, Routledge.

Misra, J., J. H. Lundquist, et A. Templer, 2012. « Gender, work time, and care responsibilities among faculty », *Sociological Forum*, vol. 27, no 2, p. 300-323.

Mody, P. N. et S. G. Brainard, 2005. *Successful International Initiatives Promoting Gender Equity in Engineering,* communication présentée dans le cadre des actes de l'International Symposium on Women and ICT: Creating Global Transformation, Baltimore, MD.

Mongeon, P., C. Brodeur, C. Beaudry, et V. Lariviere, 2016. « Concentration of research funding leads to decreasing marginal returns », *Research Evaluation*, vol. 25, no 4, p. 396-404.

Moore, C., H. E. Castleden, S. Tirone, et D. Martin, 2017. « Implementing the tri-council policy on ethical research involving indigenous peoples in Canada: So, how's that going in Mi'kma'ki? », *International Indigenous Policy Journal*, vol. 8, no 2, p. 1-19.

Morrison, H., J. Salhab, A. Calvé-Genest, et T. Horava, 2015. « Open Access article processing charges: DOAJ survey May 2014 », *Publications*, vol. 3, p. 1–16.

Morton Ninomiya, M. E. et N. J. Pollock, 2017. « Reconciling community-based Indigenous research and academic practices: Knowing principles is not always enough », *Social Science & Medicine*, vol. 172, p. 28-36.

MPG – Max Planck Gesellschaft, 2003. *Berlin Declaration on Open Access to Knowledge in the Sciences and Humanities*, Berlin, Allemagne, Max Planck Gesellschaft.

MSFHR – Michael Smith Foundation For Health Research, 2020. *2020 Scholar Competition Guidelines*, Vancouver, C.-B., MSFHR.

Murray, D., D. Morris, C. Lavoie, P. Leavitt, H. MacIsaac, M. Masson, et M.-A. Villard, 2016. « Bias in research grant evaluation has dire consequences for small universities », *PLoS ONE*, vol. 11, no 6, p. 1-19.

Murray, F, 2013. « Evaluating the role of science philanthropy in American research universities », *Innovation Policy and the Economy*, vol. 13, p. 23-60.

Myers, K. R., W. Y. Tham, Y. Yin, N. Cohodes, J. G. Thursby, M. C. Thursby, … D. Wang, 2020. « Unequal effects of the COVID-19 pandemic on scientists », *Nature Human Behaviour*, vol. 4, no 9, p. 880-883.

Nagy, D., 2016. « Determinants of broader impacts activities: A survey of NSF-funded investigators », *Journal of Research Administration*, vol. 47, p. 68-93.

National Research Council, 2015. *Enhancing the Effectiveness of Team Science*, Washington, DC, The National Academies Press.

Nature Editorial, 2019. Preprints Encouraged Across the Board. Adresse : https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-019-01493-z/d41586-019-01493-z.pdf (consulté en octobre 2020).

Nature, 2020a. Nature Journals Reveal Terms of Landmark Open-Access Option. Adresse : https://www.nature.com/articles/d41586-020-03324-y (consulté en décembre 2020).

Nature, 2020b. Nature Post-Doctoral Survey. Adresse : https://figshare.com/s/a0a0f1c90843c12e6373 (consulté en décembre 2020).

Naylor, C. D., R. J. Birgeneau, M. Crago, M. Lazaridis, C. Malacrida, A. B. McDonald, … A. Wilson, 2017. *Investir dans l'avenir du Canada — Consolider les bases de la recherche au pays*, Ottawa, ON, L'examen du soutien fédéral aux sciences.

NCES – National Center for Education Statistics, 2019. Table 315.20. Full-time Faculty in Degree-granting Postsecondary Institutions, by Race/Ethnicity, Sex, and Academic Rank: Fall 2015, Fall 2017, and Fall 2018. Adresse : https://nces.ed.gov/programs/digest/d19/tables/dt19_315.20.asp (consulté en octobre 2020).

NESTA, 2020. Mobilising Collective Intelligence to Tackle the COVID-19 Threat. Adresse : https://www.nesta.org.uk/blog/mobilising-collective-intelligence-tackle-coronavirus-threat/ (consulté en juillet 2020).

NHMRC – National Health and Medical Research Council, 2018. *Targeted Call for Research scheme-specific peer review guidelines*, Canberra, Australie, NHMRC.

Nielsen, M. W., 2017. « Gender consequences of a national performance-based funding model: New pieces in an old puzzle », *Studies in Higher Education*, vol. 42, no 6, p. 1033-1055.

NIH – National Institutes of Health, 2019a. NIH High Priority, Short-Term Project Award (R56). Adresse : https://grants.nih.gov/grants/funding/r56.htm (consulté en août 2020).

NIH – National Institutes of Health, 2019b. Office of Strategic Coordination Response to the ACD HRHR WG Recommendations. Adresse : https://commonfund.nih.gov/sites/default/files/OSC%20response%20to%20ACD%20HRHR%20WG%20recommendations%202019-09-18.pdf (consulté en août 2020).

NIH – National Institutes of Health, 2020a. NIH Director's Early Independence Award Program – Frequently Asked Questions. Adresse : https://commonfund.nih.gov/earlyindependence/faq (consulté en juillet 2020).

NIH – National Institutes of Health, 2020b. NIH Director's New Innovator Award Program – Frequently Asked Questions. Adresse : https://commonfund.nih.gov/newinnovator/faq (consulté en juillet 2020).

NIH ACD – National Institutes of Health Advisory Committee to the Director, 2019. *Report of the ACD Working Group on High-Risk, High-Reward Research*, Washington, DC, NIH.

NIH et STPI – National Institutes of Health et The Science & Technology Policy Institute, 2016. *National Institutes of Health Director's New Innovator Award Outcomes Evaluation. Fiscal years 2007-2009*, Bethesda, MD, NIH.

NORC – National Opinion Research Center, 2014. *Evaluation of the National Science Foundation's Graduate Research Fellowship Program: Final Report*, Chicago, IL, NORC at the University of Chicago.

Novo Nordisk Foundation, 2020. *New Exploratory Research and Discovery (NERD) Programme 2020*, Hellerup, Danemark, Novo Nordisk Foundation.

NSB – National Science Board, 2009. *Investing in the Future – NSF Cost Sharing Policies for a Robust Federal Research Enterprise*, Alexandria, VA, National Science Foundation.

NSB – National Science Board, 2019. *Publications Output: U.S. Trends and International Comparisons*, Alexandria, VA, National Science Foundation.

NSB – National Science Board, 2020a. *The State of U.S. Science & Engineering*, Alexandria, VA, National Science Foundation.

NSB – National Science Board, 2020b. *Research and Development: U.S. Trends and International Comparisons*, Alexandria, VA, National Science Foundation.

NSF – National Science Foundation, 2014. *Perspectives on Broader Impact*, Alexandria, VA, NSF.

NSF – National Science Foundation, 2019a. *National Science Foundation Innovation Corps (I-Corps™) Biennial Report*, Alexandria, VA, NSF.

NSF – National Science Foundation, 2019b. Survey of Earned Doctorates. Adresse : https://www.nsf.gov/statistics/srvydoctorates/ (consulté en décembre 2020).

NSF – National Science Foundation, 2020a. Dear Colleague Letter on the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Adresse : https://www.nsf.gov/pubs/2020/nsf20052/nsf20052.jsp (consulté en octobre 2020).

NSF – National Science Foundation, 2020b. Frequently Asked Questions (FAQs) for I-Corps™ Team Solicitation. Adresse : https://www.nsf.gov/pubs/2018/nsf18057/nsf18057.jsp (consulté en décembre 2020).

NSF – National Science Foundation, 2020c. *Proposal and Award Policies and Procedures Guide*, Alexandria, VA, NSF.

NSF – National Science Foundation, 2020d. Broader Impacts Review Criterion. Adresse : https://www.nsf.gov/pubs/2007/nsf07046/nsf07046.jsp (consulté en juillet 2020).

NSF – National Science Foundation, 2020e. EPSCoR Research Infrastructure Improvement Program Track-1: (RII Track-1). Adresse : https://www.nsf.gov/pubs/2020/nsf20571/nsf20571.pdf (consulté en juillet 2020).

NSF – National Science Foundation, 2020f. ADVANCE: Organizational Change for Gender Equity in STEM Academic Professions (ADVANCE). Adresse : https://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=5383 (consulté en décembre 2020).

NWA – Dutch National Research Agenda, 2016a. *Portfolio for Research and Innovation – cooperativity creativity game changers*, La Haye, Pays-Bas, Dutch Research Council.

NWA – Dutch National Research Agenda, 2016b. *Dutch National Research Agenda – Questions Connections Prospects*, La Haye, Pays-Bas, Dutch Research Council.

NWO – Dutch Research Council, 2017a. *NWO Measures to Reduce Application Pressure*, La Haye, Pays-Bas, Netherlands Organisation for Scientific Research.

NWO – Dutch Research Council, 2017b. Repeating Important Research Thanks to Replication Studies. Adresse : https://www.nwo.nl/en/news-and-events/news/2017/social-sciences/repeating-important-research-thanks-to-replication-studies.html (consulté en juillet 2020).

NWO – Dutch Research Council, 2020a. Sixteen Groundbreaking Research Projects Launched Through NWO Open Competition – XS. Adresse : https://www.nwo.nl/en/news/sixteen-groundbreaking-research-projects-launched-through-nwo-open-competition-xs (consulté en décembre 2020).

NWO – Dutch Research Council, 2020b. *NWA Idea Generator – Call for Proposals. Round 2, 2019, Dutch Research Agenda*, La Haye, Pays-Bas, NWO.

NWO – Dutch Research Council, 2021. Talent Programme. Adresse : https://web.archive.org/web/20210420002846/https:/www.nwo.nl/en/calls/talent-programme (consulté en janvier 2021).

O'Meara, K. A., A. Kuvaeva, G. Nyunt, C. Waugaman, et R. Jackson, 2017. « Asked more often: Gender differences in faculty workload in research universities and the work interactions that shape them », *American Educational Research Journal*, vol. 54, no 6, p. 1154–1186.

OASPA – Open Access Scholarly Publishers Association, 2020. COVID-19 Publishers Open Letter of Intent – Rapid Review – OASPA. Adresse : https://oaspa.org/covid-19-publishers-open-letter-of-intent-rapid-review/ (consulté en juillet 2020).

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2014. Chapitre 1, « Research Excellence Initiatives: A New Form of Competitive Research Funding », dans *Promoting Research Excellence: New Approaches to Funding*, Paris, France, OCDE.

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2018a. Chapitre 8, « Approches et instruments nouveaux en matière de financement de la recherche publique », dans *Science, technologie et innovation : Perspectives de l'OCDE 2018 : S'adapter aux bouleversements technologiques et sociétaux*, Paris, France, Les Éditions de l'OCDE.

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2018b. Chapitre 1, « Perspectives de la science, de la technologie et de l'innovation 2018 – Introduction », dans *Science, technologie et innovation : Perspectives de l'OCDE 2018 : S'adapter aux bouleversements technologiques et sociétaux*, Paris, France, Les Éditions de l'OCDE.

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2018c. Chapitre 12, « Transformation numérique des politiques de la science et de l'innovation », dans *Science, technologie et innovation : Perspectives de l'OCDE 2018 : S'adapter aux bouleversements technologiques et sociétaux*, Paris, France, Les Éditions de l'OCDE.

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2018d. *Effective Operation of Competitive Research Funding Systems*, Paris, France, OCDE.

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2020a. It's Time to Close the Gender Gap in Research. Adresse : https://oecd-innovation-blog.com/2020/06/17/gender-gap-research-oecd-survey-scientific-authors/ (consulté en juillet 2020).

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2020b. Principaux indicateurs de la science et de la technologie. Adresse : https://www.oecd.org/fr/sti/pist.htm (consulté en juillet 2020).

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2020c. *Addressing Societal Challenges Using Transdisciplinary Research*, Strasbourg, France, OCDE.

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2020d. COVID19 Research Funding Worldwide (database). Adresse : https://community.oecd.org/community/cstp/gsf/research-funding (consulté en juillet 2020).

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2020e. Dépenses intérieures brutes de R-D. Adresse : https://data.oecd.org/fr/rd/depenses-interieures-brutes-de-r-d.htm (consulté en décembre 2020).

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2020f. *Regards sur l'éducation 2020*, Paris, France, OCDE.

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2021a. Chercheurs. Adresse : https://data.oecd.org/fr/rd/chercheurs.htm (consulté en février 2021).

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques, 2021b. *Science, technologie et innovation : Perspectives de l'OCDE 2021 : Affronter la crise et saisir les opportunités (version abrégée)*, Paris, France, Les Éditions de l'OCDE.

Omenn, G. S., 2006. « Grand challenges and great opportunities in science, technology, and public policy », *Science*, vol. 314, no 5806, p. 1696-1704.

ONU (Organisation des Nations Unies), 2020. *World Population Ageing 2019*, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

Open Philanthropy, s.d. Global Catastrophic Risks. Adresse : https://www.openphilanthropy.org/focus/global-catastrophic-risks (consulté en février 2021).

ORCID, 2018. Recognizing Reviews for Grant Applications Using ORCID. Adresse : https://orcid.org/blog/2018/09/12/recognizing-reviews-grant-applications-using-orcid-interview-jason-gush-royal (consulté en juillet 2020).

ORCID, s.d. About ORCID. Adresse : https://info.orcid.org/what-is-orcid/ (consulté en février 2021).

OSA – Optical Society of America, 2020. Achieving Open Access in Physics. Adresse : https://www.osa.org/en-us/about_osa/newsroom/news_releases/2020/achieving_open_access_in_physics/ (consulté en décembre 2020).

Osório de Almeida, A., 2011. *Selection of Research Proposals through Peer Review at the São Paulo Research Foundation (FAPESP)*, São Paulo, Brésil, São Paulo Research Foundation (FAPESP).

Ovseiko, P. V., A. Chapple, L. D. Edmunds, et S. Ziebland, 2017. « Advancing gender equality through the Athena SWAN Charter for Women in Science: An exploratory study of women's and men's perceptions », *Health Research Policy and Systems*, vol. 15, no 1, p. 12.

Owen, M., 1992. « Research at small Canadian universities », *Revue canadienne d'enseignement supérieur*, vol. 22, no 2, p. 1-14.

Owen, R. et M. Pansera, 2019. « Handbook on Science and Public Policy », dans *Responsible Innovation and Responsible Research and Innovation*, Cheltenham, Royaume-Uni, Edward Elgar Publishing.

Pai, M., 2020a. « Covidization of research: What are the risks? », *Nature Medicine*, vol. 26, no 8, p. 1159-1159.

Pai, M., 2020b. « 'Covidisation' of Academic Research: Opportunities and Risks », *Nature Research Microbiology Community* (10 avril).

Park, S. M., 1996. « Research, teaching, and service: Why shouldn't women's work count? », *The Journal of Higher Education*, vol. 67, no 1, p. 46-84.

Parkin, A., 2015. *International Report Card on Public Education: Key Facts on Canadian Achievement and Equity*, Toronto, ON, Environics Institute.

Parlement du Royaume-Uni, 2020. Balance and Effectiveness of Research and Innovation Spending: Government and UK Research and Innovation Responses to the Committee's Twenty-First Report of Session 2017–19. Adresse : https://publications.parliament.uk/pa/cm5801/cmselect/cmsctech/236/23603.htm (consulté en décembre 2020).

Pasquetto, I. V., A. E. Sands, P. T. Darch, et C. L. Borgman, 2016. *Open Data in Scientific Settings: From Policy to Practice*, communication présentée dans le cadre de la CHI Conference on Human Factors in Computing Systems de 2016, New York, NY.

PCAST – President's Council of Advisors on Science and Technology, 2014. *Report to the President and Congress on the Fifth Assessment of the National Nanotechnology Initiative*, Washington, DC, Office of Science and Technology Policy.

Peifer, M., 2017. « The argument for diversifying the NIH grant portfolio », *Molecular Biology of the Cell Perspective*, vol. 28, p. 2935-2940.

Perc, M., 2014. « The Matthew effect in empirical data », *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 11, p. 20140378.

Perianes-Rodríguez, A. et C. Olmeda-Gómez, 2019. « Effects of journal choice on the visibility of scientific publications: A comparison between subscription-based and full Open Access models », *Scientometrics*, vol. 121, no 3, p. 1737-1752.

Philogene, G. S., 2010. *FY 2004-2008 NIH Director's Pioneer Award Process Evaluation – Comprehensive Report*, Washington, DC, Science and Technology Policy Institute.

Pidgeon, M., 2019. « Moving between theory and practice within an Indigenous research paradigm », *Qualitative Research*, vol. 19, no 4, p. 418-436.

Piore, M. J., P. Colatat, et E. B. Reynolds, 2019. « NSF and DARPA and Models for Research Funding », dans Bonvillian, W. B., R. Van Atta et P. Windham (réd.), *The DARPA Model for Transformative Technologies – Perspectives on the U.S. Defense Advance Research Projects Agency*, Cambridge, Royaume-Uni, Open Book Publishers.

Piwowar, H., J. Priem, V. Larivière, J. P. Alperin, L. Matthias, B. Norlander, ... S. Haustein, 2018. « The state of OA: A large-scale analysis of the prevalence and impact of Open Access articles », *PeerJ*, vol. 6, p. e4375.

Polytechnics Canada, 2020. Data and Statistics. Adresse : https://polytechnicscanada.ca/polytechnic-education/data-statistics/ (consulté en décembre 2020).

Posselt, J. R., O. Jaquette, R. Bielby, et M. N. Bastedo, 2012. « Access without equity: Longitudinal analyses of instutitional stratification by race and ethnicity, 1972-2004 », *American Educational Research Journal*, vol. 20, no 10, p. 1-38.

Powell, K., 2016. « Young, talented, and fed-up », *Nature*, vol. 538, p. 446-449.

QSSLab – Quantitative Science Studies Lab, 2020. The Use of "Golden Tickets" in Funding Peer-Review. Adresse : https://www.qsslab.ca/project/golden-ticket-in-funding/ (consulté en octobre 2020).

RE$EARCH MONEY et Collèges et instituts Canada, 2019. *Applied Research Comes of Age*, Toronto, ON, RE$EARCH INFOSOURCE.

Redden, E., 2017. Canada's Moment, *Inside Higher Ed* (20 mars).

REF2021 – Research Excellence Framework, 2020. Draft Guidance on Submission. Adresse : https://www.ref.ac.uk/media/1016/draft-guidance-on-submissions-ref-2018_1.pdf (consulté en septembre 2020).

Rehm, J., 2018. « Ten Years After the Economic Crash, R&D Funding is Better Than Ever », *Nature* (18 septembre).

Ríos, C. D., M. L. Dion, et K. Leonard, 2020. « Institutional logics and indigenous research sovereignty in Canada, the United States, Australia, and New Zealand », *Studies in Higher Education*, vol. 45, no 2, p. 403-415.

Röbbecke, M. et D. Simon, 2020. « Die Macht des Zufalls — Neue Wege für die Förderung riskanter Forschungsideen », *Forschung*, no 13, p. 9-14.

Robinson-Garcia, N., R. Costas, et T. N. van Leeuwen, 2020. « Open Access uptake by universities worldwide », *PeerJ*, vol. 8, p. e9410.

Robinson-Garcia, N., T. N. van Leeuwen, et I. Ràfols, 2018. « Using altmetrics for contextualised mapping of societal impact: From hits to networks », *Science and Public Policy*, vol. 45, no 6, p. 815-826.

Roorda, S., 2009. « The real cost of the NSERC peer review is less than 5% of a proposed baseline grant », *Accountability in Research*, vol. 16, no 4, p. 229-231.

Rosser, S. V., S. Barnard, M. Carnes, et F. Munir, 2019. « Athena SWAN and ADVANCE: Effectiveness and lessons learned », *The Lancet*, vol. 393, p. 604-608.

Roumbanis, L., 2019. « Peer review or lottery? A critical analysis of two different forms of decision-making mechanisms for allocation of research grants », *Science Technology & Human Values*, vol. 44, no 6, p. 994-1019.

Royal Society of New Zealand, 2017. Welcome to the NZ ORCID Hub. Adresse : https://orcidhub.org.nz/about (consulté en décembre 2020).

SAGE – Science in Australia Gender Equity, 2020. FAQs. Adresse : https://www.sciencegenderequity.org.au/faqs/ (consulté en juillet 2020).

Sanders, L., 2011. *Teaching-Stream Positions: Some Implications*, Toronto, ON, Conseil des universités de l'Ontario.

Sarabipour, S., H. J. Debat, E. Emmott, S. J. Burgess, B. Schwessinger, et Z. Hensel, 2019. « On the value of preprints: An early career researcher perspective », *PLOS Biology*, vol. 17, no 2, p. e3000151.

Sattary, L., 2012. « EPSRC Grant Success Rates Rise », *Chemistry World* (22 octobre).

Scellato, G., C. Franzoni, et P. Stephan, 2015. « Migrant scientists and international networks », *Research Policy*, vol. 44, no 1, p. 108-120.

Schikowitz, A., 2019. « Creating relevant knowledge in transdisciplinary research projects – Coping with inherent tensions », *Journal of Responsible Innovation*, DOI:10.1080/23299460.23292019.21653154.

Schmader, T., J. Whitehead, et V. H. Wysocki, 2007. « A linguistic comparison of letters of recommendation for male and female chemistry and biochemistry job applicants », *Sex Roles*, vol. 57, nos 7-8, p. 509–514.

Schmid, S. L., 2017. « Five years post-DORA: Promoting best practices for research assessment », *Molecular Biology of the Cell*, vol. 28, no 22, p. 2941-2944.

Schofer, E. et J. W. Meyer, 2005. « The worldwide expansion of higher education in the twentieth century », *American Sociological Review*, vol. 70, no 6, p. 898-920.

Schönfelder, N., 2019. « Article processing charges: Mirroring the citation impact or legacy of the subscription-based model? », *Quantitative Science Studies*, vol. 1, no 1, p. 6-27.

Sciabolazza, V. L., R. Vacca, et C. McCarty, 2020. « Connecting the dots: Implementing and evaluating a network intervention to foster scientific collaboration and productivity », *Social Networks*, vol. 61, p. 181-195.

SFI – Science Foundation Ireland, 2013. *Agenda 2020: Excellence and Impact*, Dublin, Irlande, SFI.

Shahin, J., T. Meyer, D. Kloza, et K. Biedenkopf, 2014. *Building Bridges, Breaking Barriers. The Smart Approach to Distance Between Disciplines in Research Projects*, Bruxelles, Belgique, Digital Agenda for Europe.

Sheil, M. M., 2011. « Women in chemistry in Australia: From a slow start to a more promising future », *Australian Journal of Chemistry*, vol. 64, p. 661-663.

Sinkjær, T., 2018. « Fund ideas, not pedigree, to find fresh insight », *Nature*, vol. 8, no 555, p. 7695.

Sjöberg, Y, S. Gomach, E. Kwiatkowski, et M. Mansoz, 2018. « Involvement of local Indigenous peoples in Arctic research — Expectations, needs and challenges perceived by early career researchers », *Arctic Science*, vol. 5, no 1, p. 27-53.

Sousa, R., 2008. « Research funding: Less should be more », *Science*, vol. 322, no 5906, p. 1324-1325.

Spaapen, J. et L. van Drooge, 2011. *Social Impact Assessment Methods for Research and Funding Instruments Through the Study of Productive Interactions Between Science and Society – Final Report*, Amsterdam, Pays-Bas, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences.

Spence, J. T., R. L. Helmreich, et C. K. Holahan, 1979. « Negative and positive components of psychological masculinity and femininity and their relationships to self-reports of neurotic and acting out behaviors », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 37, no 10, p. 1673-1682.

SSFNRIG – Social Sciences Feminist Network Research Interest Group, 2017. « The burden of invisible work in academia », *Humboldt Journal of Social Relations*, vol. 39, p. 228-245.

StatCan – Statistique Canada, 2017. *La scolarité au Canada : faits saillants du Recensement de 2016*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2018. Proportion du personnel d'enseignement à plein temps dans les universités, par groupe d'âge et années choisies. Adresse : https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/171128/cg-b003-fra.htm (consulté en novembre 2019).

StatCan – Statistique Canada, 2019a. Tableau 37-10-0077-01 : 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 et le sexe. Adresse : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3710007701&request_locale=fr (consulté en novembre 2019).

StatCan – Statistique Canada, 2019b. Tableau 27-10-0022-01 : Personnel affecté à la recherche et au développement selon le secteur d'exécution et la catégorie professionnelle. Adresse : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2710002201&request_locale=fr (consulté en juin 2019).

StatCan – Statistique Canada, 2020a. Tableau 27-10-0273-01 : Dépenses intérieures brutes en recherche et développement, selon le type de science et selon le secteur de financement et le secteur d'exécution (x 1 000 000). Adresse : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=2710027301&request_locale=fr (consulté en juillet 2020).

StatCan – Statistique Canada, 2020b. Tableau 37-10-0018-01 : Effectifs postsecondaires, selon le régime d'études, le type d'établissement, le statut de l'étudiant au Canada et le genre de la personne. Adresse : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3710001801&pickMembers%5B0%5D=2.2&pickMembers%5B1%5D=5.1&pickMembers%5B2%5D=7.1&pickMembers%5B3%5D=4.7&pickMembers%5B4%5D=6.2&request_locale=fr (consulté en avril 2020).

Stephan, P., R. Veugelers, et J. Wang, 2017 « Reviewers are blinkered by bibliometrics », *Nature*, vol. 544, no 7651, p. 411-412.

Stoye, E., 2020. « How Research Funders are Tackling Coronavirus Disruption », *Nature* (17 avril).

Street, J., F. Baum, et I. Anderson, 2009. « Is peer review useful in assessing research proposals in Indigenous health? A case study », *Health Research Policy and Systems*, vol. 7, no 1, p. 1-6.

Sugimoto, C., N. Robinson-Garcia, D. Murray, A. Yegros-Yegros, R. Costas, et V. Larivière, 2017. « Scientists have most impact when they're free to move », *Nature*, vol. 550, no 7674, p. 29-31.

Swedish Research Council, 2020. New Features in Swedish Research Council Calls 2021. Adresse : https://www.vr.se/english/just-now/news/news-archive/2020-11-10-new-features-in-swedish-research-council-calls-2021.html (consulté en janvier 2021).

THE – Times Higher Education, 2017. Nobel Laureate says Scientific Breakthrough "Would not be Possible" Today. Adresse : https://www.timeshighereducation.com/news/nobel-laureate-says-scientific-breakthrough-would-not-be-possible-today (consulté en septembre 2020).

The Audacious Project, 2020. The Audacious Project. Adresse : https://audaciousproject.org/ (consulté en octobre 2020).

Thomson Reuters, 2014. *The Research and Innovation Performance of the G20*, Toronto, ON, Thomson Reuters.

Tilghman, S., S. Rockey, S. Degen, L. Forese, D. Ginther, A. Gutierrez-Hartmann, … K. Yamamoto, 2012. *Biomedical Research Workforce Working Group Report*, Bethesda, MD, NIH.

Torrance, H., 2019. « The Research Excellence Framework in the United Kingdom: » « Processes, consequences, and incentives to engage », *Qualitative Inquiry*, vol. 26, no 7, p. 771-779.

Trix, F. et C. Psenka, 2003. « Exploring the color of glass: letters of recommendation for female and male medical faculty », *Discourse & Society*, vol. 14, no 2, p. 191-220.

TSRC – Telluride Science Research Center, 2020. Mission & Vision. Adresse : https://www.telluridescience.org/about/mission (consulté en septembre 2020).

TSRC – Telluride Science Research Center, s.d. Proposal Process. Adresse : https://www.telluridescience.org/for-scientists/for-organizers/proposal-process (consulté en janvier 2021).

Tuhiwai Smith, L., 2018. « The Art of the Impossible: Defining and Measuring Indigenous Research? », dans Spooner, M. et J. McNinch (réd.), *Dissident Knowledge in Higher Education*, Regina, SK, University of Regina Press.

Tyers, M., E. Brown, D. W. Andrews, J. J. Bergeron, C. Boone, R. Bremner, … W. J.R., 2005. « Problems with co-funding in Canada », *Science*, vol. 308, no 5730, p. 1867.

U15 – Regroupement des universités de recherche du Canada, 2020. Our Impact: By the Numbers. Adresse : https://u15.ca/our-impact (consulté en décembre 2020).

Uhly, K. M., L. M. Visser, et K. S. Zippel, 2017. « Gendered patterns in international research collaborations in academia », *Studies in Higher Education*, vol. 42, no 4, p. 760-782.

UKRI – United Kingdom Research and Innovation, 2018. *UKRI Future Leaders Fellowships: Frequently Asked Questions*, Londres, Royaume-Uni, United Kingdom Research and Innovation.

UKRI – United Kingdom Research and Innovation, 2020a. Future Leaders Fellowships: Round 6. Adresse : https://www.ukri.org/opportunity/future-leaders-fellowships-round-6/ (consulté en décembre 2020).

UKRI – United Kingdom Research and Innovation, 2020b. COVID-19 Rapid Response Rolling Call. Adresse : https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20200923125555/https:/mrc.ukri.org/funding/browse/ukri-nihr-covid-19/ukri-nihr-covid-19-rolling-call/ (consulté en septembre 2020).

UKRI – United Kingdom Research and Innovation, 2020c. Stephen Hawking Fellowship. Adresse : https://www.ukri.org/wp-content/uploads/2020/11/UKRI-271020-Funding-Opp-Stephen-Hawking-Fellowship-Guidance-V1.2.pdf (consulté en décembre 2020).

UKRI – United Kingdom Research and Innovation, 2020d. Research Software Engineer Fellowships 2020. Adresse : https://www.ukri.org/opportunity/research-software-engineer-fellowships-2020/ (consulté en décembre 2020).

Unité de l'évaluation des IRSC – Instituts de recherche en santé du Canada, 2012. *Programmes de bourses salariales et de carrière des Instituts de recherche en santé du Canada*, Ottawa, ON, IRSC.

Urquhart-Cronish, M., S. P. Otto, et I. Coe, 2019. « Gender and language use in scientific grant writing », *FACETS*, vol. 4, no 1, p. 442-458.

UWinnipeg – Université de Winnipeg, 2020. Pathway to Graduate Studies (P2GS). Adresse : https://www.uwinnipeg.ca/graduate-studies/indigenous-pathway-programs/p2gs/index.html (consulté en septembre 2020).

Vaesen, K. et J. Katzav, 2017. « How much would each researcher receive if competitive government research funding were distributed equally among researchers? », *Plos One*, vol. 12, no 9.

Vale, R. D. et A. A. Hyman, 2016. « Priority of discovery in the life sciences », *eLife*, vol. 5, p. e16931.

van Arensbergen, P., I. van der Weijden, et P. van den Besselaar, 2014. « The selection of talent as a group process. A literature review on the social dynamics of decision making in grant panels », *Research Evaluation*, vol. 23, p. 298-311.

van der Lee, R. et N. Ellemers, 2015. « Gender contributes to personal research funding success in The Netherlands », *PNAS*, vol. 112, no 40, p. 12349-12353.

van Drooge, L. et S. de Jong, 2015. *Valorisatie: Onderzoekers dan al Veel Meer dan ze Denken – E-publicatie met Voorbeelden en Handvatten om Zelf Valorisatie te Organiseren*, La Haye, Pays-Bas, Rathenau Instituut.

Van Noorden, R., 2013. « Open access: The true cost of science publishing ». *Nature*, vol. 495, no 7442, p. 426-429.

van Steen, J., 2012. *Modes of Public Funding of Research and Development: Towards Internationally Comparable Indicators*, Paris, France, Les Éditions de l'OCDE.

Varmus, H., R. Klausner, E. Zerhouni, T. Acharya, A. S. Daar, et P. A. Singer, 2003. « Public health. Grand challenges in global health », *Science*, vol. 302, no 5644, p. 398-399.

Verbeke, R., I. Lentacker, S. C. De Smedt, et H. Dewitte, 2019. « Three decades of messenger RNA vaccine development », *Nano Today*, vol. 28, p. 100766.

Vermeir, K., 2020. « Research organismes subventionnaires are redefining science. Early Career Researchers will have to adapt », *Trends in the Sciences*, vol. 25, no 4, p. 62-65.

Viglione, G., 2020. « A year without conferences? How the coronavirus pandemic could change research », *Nature*, vol. 579, no 7799, p. 327-328.

Villum Fonden, 2019. The Significance of an Anonymous Application. Adresse : https://veluxfoundations.dk/en/content/significance-anonymous-application (consulté en juillet 2020).

Villum Fonden, s.d. Villum Experiment – Proposal guidelines. Adresse : https://veluxfoundations.dk/sites/default/files/villum_experiment_proposal_guidelines_2.pdf (consulté en février 2021).

Vincent-Lamarre, P., C. R. Sugimoto, et V. Larivière, 2020. The decline of women's research production during the coronavirus pandemic. Adresse : https://www.natureindex.com/news-blog/decline-women-scientist-research-publishing-production-coronavirus-pandemic (consulté en décembre 2020).

Volkswagen Foundation, 2020a. High Level of Acceptance for Project Selection by Lot. Adresse : https://www.volkswagenstiftung.de/en/news-press/news/high-level-of-acceptance-for-project-selection-by-lot (consulté en décembre 2020).

Volkswagen Foundation, 2020b. This is How it Works: The Partially Randomized Selection Process Within the Initiative "Experiment!". Adresse : https://www.volkswagenstiftung.de/en/unsere-foerderung/unser-foerderangebot-im-ueberblick/experiment/so-funktioniert-das-teil-randomisierte-Auswahlverfahren (consulté en septembre 2020).

Volkswagen Foundation, 2020c. Experiment! – In Search of Bold Research Ideas. Adresse : https://www.volkswagenstiftung.de/en/funding/our-funding-portfolio-at-a-glance/experiment (consulté en juillet 2020).

Volkswagen Foundation, 2020d. Experiment! In Search of Bold Research Ideas – Information for Applicants 100. Adresse : https://www.volkswagenstiftung.de/sites/default/files/downloads/MB_100_e.pdf (consulté en février 2021).

VSNU – Association of Universities in the Netherlands, 2019. *WOPI (Information on Scientific Education Personnel)*, La Haye, Pays-Bas, VSNU.

VSNU, KNAW et NWO – Association of Universities in the Netherlands, Royal Netherlands Academy of Arts et Sciences et Dutch Research Council, 2020. *Strategy Evaluation Protocol 2021–2027*, La Haye, Pays-Bas, VSNU.

Wagner, C. S., J. D. Roessner, K. Bobb, J. T. Klein, K. W. Boyack, J. Keyton, … K. Börner, 2011. « Approaches to understanding and measuring interdisciplinaire scientific research (IDR): A review of the literature », *Journal of Informetrics*, vol. 165, p. 14-26.

Wang, J., R. Veugelers, et P. Stephan, 2017. « Bias against novelty in science: A cautionary tale for users of bibliometric indicators », *Research Policy*, vol. 46, no 8, p. 1416-1436.

Wang, L., 2019. « Making Invisible Work in STEM More Visible », *Chemical & Engineering News* (30 juin).

Webster, P., 2020. « How is Biomedical Research Funding Faring During the COVID-19 Lockdown? », *Nature* (16 avril).

Weston, R., R. Brooks, J. Gladman, K. Senior, L. Denley, D. Silove, … R. Bryant, 2009. « Ethical research in partnership with an Indigenous community », *Australasian Psychiatry*, vol. 17, p. S51-S53.

Whitley, R., J. Glaser, et G. Laudel, 2018. « The impact of changing funding and authority relationships on scientific innovations », *Minerva*, vol. 56, no 1, p. 109-134.

Whynot, J., C. Mavriplis, A. Farenhorst, E. Langelier, T. Franz-Odendaal, et L. Shannon, 2019. « Knitting theory in STEM performance stories: Experiences in developing a performance framework », *La Revue canadienne d'évaluation de programme*, vol. 33, no 2, p. 354–374.

Wiener, R. J. et S. Ronco, 2019. « Scialog: The catalysis of convergence », *ACS Energy Letters*, vol. 4, no 5, p. 1020-1024.

Williams, F. M., M. Klawe, M. E. Cannon, C. Deschênes, M. Frize, et B. Muir, 2002. *The NSERC/Industry Chairs for Women in Science and Engineering: A National Program in Canadian Universities*, communication présentée dans le cadre de la 12e Conférence internationale des femmes ingénieurs et scientifiques (ICWES12), Ottawa, ON.

Williams, K., U. Umangay, et S. Brant, 2020. « Advancing Indigenous research sovereignty: Public administration trends and the opportunity for meaningful conversations in Canadian research governance », *International Indigenous Policy Journal*, vol. 11, no 1, p. 1-22.

Wilsdon, J., 2020. *Back to Better? Post-Pandemic Challenges for Research Cultures, Policies and Prioritisation*, Londres, Royaume-Uni, Research on Research Institute.

Wilsdon, J., L. Allen, E. Belfiore, P. Campbell, S. Curry, S. Hill, … B. Johnson, 2015. *The Metric Tide: Report of the Independent Review of the Role of Metrics in Research Assessment and Management*, Londres, Royaume-Uni, Higher Education Funding Council for England.

Windham, P. et R. Van Atta, 2019. Introduction: DARPA — The Innovation Icon, dans Bonvillian, W. B., R. Van Atta et P. Windham (réd.), *The DARPA Model for Transformative Technologies — Perspectives on the U.S. Defense Advanced Research Projects Agency*, Cambridge, Royaume-Uni, Open Book Publishers.

Witteman, H., M. Hendricks, S. Straus, et C. Tannenbaum, 2019. « Are gender gaps due to evaluations of the applicant or the science? A natural experiment at a national funding agency », *The Lancet*, vol. 393, no 10171, p. 531-540.

Wong, C., K. Ballegooyen, L. Ignace, M. J. Johnson, et H. Swanson, 2020. « Towards reconciliation: 10 calls to action to natural scientists working in Canada », *FACETS*, vol. 5, no 1, p. 769-783.

Worswick, C., 2005. *Règles relatives à la retraite obligatoire et décisions de retraite des professeurs d'université au Canada*, Ottawa, ON, StatCan.

Wouters, P., C. R. Sugimoto, V. Larivière, M. E. McVeigh, B. Pulverer, S. de Rijcke, et L. Waltman, 2019. « Rethinking impact factors: Better ways to judge a journal », *Nature*, vol. 569, no 7758, p. 621-623.

Wright Morton, L., S. D. Eigenbrode, et T. A. Martin, 2015. « Architectures of adaptive integration in large collaborative projects », *Ecology and Society*, vol. 20, no 4.

Wu, Y, 2010. « Tackling undue concentration of federal research funding: An empirical assessment on NSF's experimental program to stimulate competitive research (EPSCoR) », *Research Policy*, vol. 39, no 6, p. 835-841.

Yeager, A., 2020. « How the COVID-19 Pandemic Has Affected Field Research », *The Scientist* (20 août).

Yen, J. W., 2019. « De-biasing the evaluation process of in-person review panels for a postdoctoral fellowship », *Nature Astronomy*, vol. 3, p. 1041-1042.

Yoder, K., 2020. « Empty Labs, Abandoned Research: Coronavirus Puts Science on Hold », *Grist* (27 mars).

Zhang, X, T. Grebel, et O. Budzinski, 2020. *The Prices of Open Access Publishing — The Composition of APC Across Different Fields of Science*, Ilmenau, Allemagne, Technische Universität Ilmenau.

Rapports du CAC d'intérêt

Les rapports d'évaluation ci-dessous peuvent être consultés depuis le site Web du CAC (www.rapports-cac.ca):

Formés pour réussir (2021)

Bâtir l'excellence (2019)

Rivaliser dans une économie mondiale axée sur l'innovation : L'état de la R-D au Canada (2018)

Politique scientifique : Considérations pour les gouvernements infranationaux (2017)

Assemblage requis : Compétences en STGM et productivité économique du Canada (2015)

Paradoxe dissipé : Pourquoi le Canada est fort en recherche et faible en innovation (2013)

Renforcer la capacité de recherche du Canada : La dimension de genre (2012)

Éclairer les choix en matière de recherche : Indicateurs et decisions (2012)

Conseil d'administration du CAC*

David A. Dodge, O.C., MSRC (président), conseiller supérieur, Bennett Jones s.r.l. (Ottawa, Ont.)

Yves Beauchamp, O.C., FACG, vice-principal, administration et finances, Université McGill (Montréal, Qc)

Chantal Guay, FACG, directrice générale, Conseil canadien des normes (Ottawa, Ont.)

Eddy Isaacs, FACG, président, Eddy Isaacs, Inc.; conseiller stratégique, génie, Université de l'Alberta (Edmonton, Alb.)

Jawahar (Jay) Kalra, M.D., MACSS, professeur, Département de pathologie et de médecine de laboratoire et membre du Conseil des gouverneurs, 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)

Cynthia Milton, vice-présidente associée à la recherche à l'Université de Victoria (Victoria, C.-B.)

Sioban Nelson, inf. aut., MACSS, professeure à la Faculté des sciences infirmières de l'Université de Toronto et présidente désignée de l'Académie canadienne des sciences de la santé (Toronto, Ont.)

Proton Rahman, M.D., MACSS, professeur-chercheur universitaire à la Faculté de médecine de l'Université Memorial (St. John's, T.-N.-L.)

Donna Strickland, C.C., MSRC, FACG, professeure, Département de physique et d'astronomie, Université de Waterloo (Waterloo, Ont.)

Julia M. Wright, MSRC, Professeure, Département d'anglais, et professeure-chercheuse universitaire, Université Dalhousie; présidente, Académie des arts, des lettres et des sciences humaines, Société royale du Canada (Halifax, N.-É.)

*À jour en mars 2021

Comité consultatif scientifique du CAC*

Eliot A. Phillipson, O.C., MACSS (président), professeur de médecine émérite John and Lady Eaton, Université de Toronto (Toronto, Ont.); ancien président et chef de la direction, Fondation canadienne pour l'innovation (Ottawa, Ont.)

Karen Bakker, professeure et titulaire de la Chaire de recherche du Canada et directrice du programme sur la gouvernance de l'eau, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

David Castle, professeur, École d'administration publique et École de commerce Gustavson, Université de Victoria (Victoria, C.-B.)

Jackie Dawson, professeure et titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur l'environnement, la société et les politiques et professeure agrégée au Département de géographie, Université d'Ottawa (Ottawa, Ont.)

Jeffrey A. Hutchings, MSRC, titulaire de la chaire Killam Memorial et professeur de biologie, Université Dalhousie (Halifax, N.-É.)

Malcolm King, MACSS, directeur scientifique, Centre de recherche axée sur le patient, Université de la Saskatchewan (Saskatoon, Sask.)

Chris MacDonald, professeur agrégé; directeur, Centre de leadership Ted Rogers Leadership; directeur du Département de droit et de commerce; École de gestion Ted Rogers, Université Ryerson (Toronto, Ont.)

Barbara Neis, C.M., MSRC, John Paton Lewis, professeur émérite de recherche John Patton Lewis, Université Memorial de la Nouvelle-Écosse (St. John, T.-N.-L.)

Gilles G. Patry, C.M., O.Ont., FACG, directeur général, U15 – Regroupement des universités de recherche canadiennes (Ottawa, Ont.)

Nicole A. Poirier, FACG, présidente, KoanTeknico Solutions inc. (Beaconsfield, Qc)

*À jour en mars 2021

Council of Canadian Academies | Conseil des académies canadiennes

180, rue Elgin, bureau 1401
Ottawa (Ontario) K2P 2K3
Tél: 613 567-5000
www.rapports-cac.ca