

SCIENCE, CONFIANCE ET
DÉMOCRATIE À L'ÈRE DU
NUMÉRIQUE



SCIENCE, TRUST, AND
DEMOCRACY IN THE
DIGITAL AGE



The Royal Society of Canada
La Société royale du Canada
Walter House / Maison Walter
282, rue Somerset Street West/ouest
Ottawa, Ontario K2P 0J6
613-991-6990 • www.rsc-src.ca

Septembre, 2019

Chères et chers collègues,

Guidée par son plan stratégique, la SRC se penche chaque année sur des thématiques cruciales d'intérêt national et mondial, dont celles choisies par les « S7 » - les Académies des sciences du G7.

En 2018, lorsque le Canada était l'hôte du G7, Jackie Dawson a présidé un groupe de travail sur la pérennité de l'Arctique, et Catherine Middleton a présidé le groupe de travail sur la thématique de « Notre avenir numérique » afin de rédiger les ébauches des déclarations. Les deux déclarations finales des Académies du G7 ont ensuite été soumises au sherpa du G7 (et désormais sénateur, Peter Boehm) lors du Sommet 2018 à Charlevoix. Le sénateur Boehm a par la suite reconnu l'impact direct de ces déclarations sur les communiqués publiés après le Sommet.

Aujourd'hui et demain, vous participez aux efforts continus de la SRC visant à *soutenir* notre impact en collaborant avec des partenaires nationaux et internationaux pour répondre aux préoccupations mondiales. Cette année, nous sommes ravis de nous joindre à l'hôte 2019, l'Académie des sciences, pour étudier trois voies par lesquelles les progrès scientifiques et les modifications sociétales se recoupent pour produire des effets à la fois positifs et négatifs. L'objectif de ce colloque est d'approfondir les connaissances et la compréhension du passé et du présent afin que notre avenir numérique permette l'instauration d'une démocratie solide et d'une meilleure qualité de vie pour tous.

Un grand merci à nos partenaires et aux participants et nous vous souhaitons le meilleur pour une expérience productive et agréable.



Dear Colleagues,

Guided by the RSC Strategic Plan, the RSC addresses pressing issues of domestic and global concern each year including the themes chosen by the "S7" – the science academies of the G7.

In 2018 when Canada was the G7 host, Jackie Dawson chaired a working group on Arctic Sustainability, and Catherine Middleton chaired the working group on Our Digital Future in order to prepare draft declarations. The two finalized G7 Academy declarations were then submitted to the G7 Sherpa (and now Senator, Peter Boehm) for consideration at the 2018 summit in Charlevoix. Senator Boehm subsequently acknowledged the direct impact of these declarations on the communiques issued after the summit.

Today and tomorrow, you are participating in the RSC's continued efforts to *sustain* our impact by working in collaboration with domestic and international partners to address global concerns. This year, we are delighted to join with 2019 S7 host Académies des sciences in examining three ways in which scientific and scholarly advances are intersecting with societal changes to produce positive and negative consequences. Our ambition at this symposium is to deepen knowledge and understanding of the past and the present such that our digital future enables robust democracy and improved quality of life for all.

Many thanks to our partners and participants and all the best for a productive and enjoyable experience.

Chad Gafffield, O.C., FRSC
President



AMBASSADE DE FRANCE
AU CANADA

Ottawa, septembre 2019

Chers panélistes, Chères participantes, Chers participants,

Je vous souhaite la bienvenue au Sommet de la Recherche du G7, symposium organisé en partenariat entre l'Ambassade de France, la Société Royale du Canada et l'Université d'Ottawa. Ce sommet aspire à poursuivre les discussions des académies des Sciences des pays du G7, à l'occasion de l'organisation en 2019 du G7 par la France.

Ce symposium est un symbole de la coopération scientifique forte et fructueuse entre la France et le Canada, en particulier sur des sujets prioritaires pour nos deux pays, que ce soit le changement climatique, l'égalité de genre, les énergies ou l'intelligence artificielle. Sur ce dernier point, la France et le Canada se rejoignent pour identifier les enjeux et les meilleures pratiques, notamment éthiques, liés à l'IA, et, comme suite à la déclaration conjointe de juin 2018 de nos gouvernements, ont proposé la création d'un Groupe International d'Étude sur l'Intelligence Artificielle.

Au cours du symposium seront abordés certains sujets dont devrait se saisir le GIE, comme l'impact de l'IA sur la santé, le droit et l'éthique, réflexions que partagent nos deux pays. En ce sens, je souhaite que ces deux journées illustrent une fois de plus la force et l'importance du travail collectif et d'un socle de valeurs communes.

Je vous souhaite à toutes et tous un excellent symposium.

Dear participants, Colleagues and guests,

Welcome to the 2019 G7 Research Summit, a symposium organized collaboratively by the Embassy of France, the Royal Society of Canada and the University of Ottawa. This summit furthers discussions prompted by the declarations of the G7 science academies on the occasion of the 2019 G7 meeting in France.

This symposium is a symbol of the strong and fruitful scientific cooperation between France and Canada especially on shared priorities of our two countries such as climate change, gender equality, energy, and artificial intelligence. On AI, France and Canada are joining forces to identify issues and best practices, for instance on ethics of AI. Following the June 2018 joint declaration of our respective governments, France and Canada proposed the creation of an International Panel on Artificial Intelligence (IPAI).

The symposium will feature discussion on topics that the IPAI may be invited to investigate further, such as the impact of AI on health, law and ethics. I hope and expect that these two days will once again illustrate the strength and importance of working together to advance common priorities and values.

I wish you all an excellent symposium.

Karen RISPAL
Ambassadrice de France au Canada



uOttawa

Université d'Ottawa
Cabinet du recteur

University of Ottawa
Office of the President

Septembre 2019

Chères collègues,
Chers collègues,

L'Université d'Ottawa est ravie d'accueillir le Sommet du G7 portant sur la science, la confiance et la démocratie à l'ère numérique. Ce symposium conjoint, organisé en partenariat avec la Société royale du Canada (SRC) et l'ambassade de France, représente une composante majeure des efforts continus que font les Académies scientifiques du G7 et une occasion pour les chercheurs d'étudier le rôle essentiel que joue la science dans la société ainsi que les impacts tant positifs que négatifs qu'elle a sur nos vies.

Puisque la science et les découvertes qui en résultent créent dans nos vies des liens qui touchent à plusieurs domaines différents, la communauté universitaire a en cette période trouble la responsabilité d'aider à établir une relation de confiance entre les citoyens et la science. Des réflexions sur les enjeux mondiaux prioritaires et sur la dissémination de notre savoir collectif auprès des décideurs et des praticiens des politiques, des étudiants et du public contribueront à façonner et à améliorer notre avenir à tous.

J'espère que vous aurez des discussions productives et bénéfiques pendant ce sommet. Je vous souhaite la plus cordiale des bienvenues à l'Université d'Ottawa!

Dear colleagues,

The University of Ottawa is delighted to host the G7 Summit examining Science, Trust, and Democracy in the Digital Age. This joint symposium, organized in collaboration with the Royal Society of Canada (RSC) and the French Embassy, is a major component of the ongoing efforts of the G7 Science Academies and an opportunity for scholars to examine the essential role of science in society and its profound impact on our lives – both positive and negative.

As science and its resulting discoveries cross disciplines to connect our lives, the academic community has a responsibility in these troubled times to help build trust between citizens and science. Reflection on global issues of priority and the dissemination of our collective knowledge to policy makers, practitioners, students and the public will help to inform and improve our future.

I hope you experience fruitful and beneficial discussions during this summit, and wish you all a warm welcome to the University of Ottawa!

Yours sincerely,

Jacques Frémont
President and Vice-Chancellor

☎ 613-562-5809
📠 613-562-5103

550 Cumberland (212)
Ottawa ON K1N 6N5 Canada
www.uOttawa.ca

COMITÉ DU SOMMET SUMMIT COMMITTEE



Xavier Grosmaître

Attaché de coopération scientifique et universitaire, Ambassade de France au Canada

Science and Higher Education Attaché, French Embassy in Canada



Marie D'Iorio

Secrétaire aux affaires internationales, Société royale du Canada

International Secretary, Royal Society of Canada



Martine Lagacé

Vice-rectrice associée, Promotion et développement de la recherche

Associate Vice-President, Research Promotion and Development



Jan Matas

Représentant de l'antenne conjointe CNRS-Université de Lyon au Canada

Representative of the joint CNRS-Université de Lyon satellite office in Canada

TABLE DES MATIÈRES

TABLE OF CONTENTS

Horaire • Jour 1	6	Schedule • Day 1
Horaire • Jour 2	10	Schedule • Day 2
Conférenciers	12	Speakers
Déclarations des académies des sciences du G7	32	Statements of the G7 Science Academies
Intelligence artificielle et société	33	Artificial Intelligence and Society
La science citoyenne à l'ère de l'Internet	43	Citizen Science in the Internet Era
Science et confiance	56	Science and Trust



SCIENCE, TRUST, AND DEMOCRACY IN THE DIGITAL AGE

19-20 SEPT 2019 | uOttawa | Ottawa ON

SCIENCE, CONFIANCE ET DÉMOCRATIE À L'ÈRE DU NUMÉRIQUE



JOUR 1 – JEUDI, LE 19 SEPTEMBRE 2019
UNIVERSITÉ D'OTTAWA, SALLE HUGUETTE LABELLE

HEURE	ÉVÉNEMENT	CONFÉRENCIER(S)
8h - 17h	Inscription	
8h30 - 8h45	Ouverture Maître de cérémonie Reconnaissance du territoire autochtone et cérémonie de purification	<i>Monica Gattinger, Professeure et Directrice de l'Institut de recherche sur la science, la société et la politique publique, Université d'Ottawa</i> <i>Aînée Claudette Commanda, Algonquine anishinabe de la Première Nation des Anishinabeg de Kitigan Zibi</i>
8h45 - 9h	Mot de bienvenue	<i>Chad Gaffield, Président de la Société royale du Canada</i> <i>Jacques Frémont, Recteur et vice-chancelier, Université d'Ottawa</i> <i>S.E. Kareen Rispal, Ambassadrice de France au Canada</i>
9h - 10h30	Conférenciers et table ronde Confiance, respect et dialogue : éléments essentiels pour l'engagement de la société dans le domaine des sciences et technologies Modérateur : <i>Monica Gattinger, Directrice, Institut de recherche sur la science, la société et la politique publique, Université d'Ottawa</i>	<i>Jacques Frémont, Recteur et vice-chancelier, Université d'Ottawa</i> <i>Michèle Lamont, Professeure, Harvard University</i> <i>Antoine Petit, Président, Centre national de la recherche scientifique</i>
10h30 - 11h	<i>Pause santé et réseautage</i>	
11h - midi	Table ronde Démocratisation du savoir : équité et accessibilité, droit et éthique Modérateur : <i>Daniel Bouchard, Professeur, Université d'Ottawa, Chef d'antenne Radio Canada</i>	<i>Céline Castets-Renard, Professeure, Université d'Ottawa</i> <i>Karine Lefevre, Vice-présidente du Comité consultatif national d'éthique, Professeure, École des Hautes Études en Santé Publique, Rennes-Paris</i> <i>Florian Martin-Bariteau, Professeur, Université d'Ottawa</i> <i>Laurence-Léa Fontaine, Professeure, Université du Québec à Montréal</i>



SCIENCE, TRUST, AND DEMOCRACY IN THE DIGITAL AGE

19-20 SEPT 2019 | uOttawa | Ottawa ON

SCIENCE, CONFIANCE ET DÉMOCRATIE À L'ÈRE DU NUMÉRIQUE



DAY 1 – THURSDAY, SEPTEMBER 19, 2019
UNIVERSITY OF OTTAWA, HUGUETTE LABELLE HALL

TIME	EVENT	SPEAKER(S)
8:00 am – 5:00 pm	Registration	
8:30 am - 8:45 am	Opening Master of Ceremonies Acknowledgement of Traditional Indigenous Territory and smudging ceremony	<i>Monica Gattinger, Director of the Institute for Science, Society and Policy, University of Ottawa</i> <i>Elder Claudette Commanda, an Algonquin Anishinabe from Kitigan Zibi Anishinabeg First Nation</i>
8:45 am - 9:00 am	Welcoming Remarks	<i>Chad Gaffield, President of the Royal Society of Canada</i> <i>Jacques Frémont, Rector and Vice-chancellor, University of Ottawa</i> <i>H.E. Kareen Rispal, Ambassador of France in Canada</i>
9:00 am - 10:30 am	Keynote speakers & panel discussion Trust, respect and dialogue: essential elements in engaging society on S&T Moderator: <i>Monica Gattinger, Director of the Institute for Science, Society and Policy, University of Ottawa</i>	<i>Jacques Frémont, Rector and Vice-chancellor, University of Ottawa</i> <i>Michèle Lamont, Professor, Harvard University</i> <i>Antoine Petit, President, French National Center for Scientific Research (CNRS)</i>
10:30 am - 11:00 am	Health and Networking Break	
11:00 am - noon	Panel Democratization of knowledge: equity, accessibility, law and ethics Moderator: <i>Daniel Bouchard, Professor, University of Ottawa, Radio-Canada</i>	<i>Céline Castets-Renard, Professor, University of Ottawa</i> <i>Karine Lefevre, Vice-president, Comité consultatif national d'éthique, École des hautes études en santé publique, Rennes-Paris</i> <i>Florian Martin-Bariteau, professor, University of Ottawa</i> <i>Laurence-Léa Fontaine, Professor, Université du Québec à Montréal</i>



SCIENCE, TRUST, AND DEMOCRACY IN THE DIGITAL AGE

19-20 SEPT 2019 | uOttawa | Ottawa ON

SCIENCE, CONFIANCE ET DÉMOCRATIE À L'ÈRE DU NUMÉRIQUE



HEURE	ÉVÉNEMENT	CONFÉRENCIER(S)
Midi - 13h	<i>Déjeuner - réseautage</i>	
13h - 13h30	Conférencier invité Le patient, le médecin et le système de santé à l'ère du numérique	<i>Pierre Corvol, Président, Académie des sciences</i>
13h30 - 14h30	Table ronde La montée de l'intelligence artificielle : qui prend les décisions concernant notre santé? Modérateur : <i>Daniel Bouchard Professeur, Université d'Ottawa, Chef d'antenne Radio Canada</i>	<i>Pascal Mélihan-Cheinin, Secrétaire général de la Conférence nationale de santé</i> <i>Joëlle Pineau, Professeure, Université McGill et Facebook</i> <i>Doug Manuel, Professeur, Université d'Ottawa</i> <i>Alain Mouttham, Chercheur, Hôpital Monfort</i>
14h30 - 14h45	<i>Pause santé et réseautage</i>	
14h45 - 15h45	Réflexions sur les thématiques du G7 et l'impact des Académies Modérateur : <i>Roseann O'Reilly-Runte, Présidente, Fondation canadienne pour l'innovation</i>	<i>Chad Gaffield, Président de la Société royale du Canada (G7-2018)</i> <i>Pierre Corvol, Président, Académie des sciences (G7-2019)</i> <i>John Boright, Directeur général, International Affairs of the US National Academies (G7-2020)</i>
TABLE RONDE SUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET RESPONSABILITÉ À LA RESIDENCE DE FRANCE – 42 PR. SUSSEX, OTTAWA (PAR INVITATION SEULEMENT)		
17h15 - 19h30	Intelligence artificielle et responsabilité Table ronde et réception à l'Ambassade de France Modérateur : <i>Patrick Flandrin, Vice-président de l'Académie des sciences et Directeur de recherche à l'École normale supérieure de Lyon et Centre national de la recherche scientifique</i>	<i>Antoine Petit, Président, Centre national de la recherche scientifique</i> <i>Denis Thérien, Vice-Président, Element AI</i> <i>Marc-Antoine Dilhac, Professeur, Université de Montréal</i> <i>Laurence Devillers, Professeure, Université Paris-Sorbonne et Commission de réflexion sur l'Éthique de la Recherche en sciences et technologies du Numérique d'Allistene</i> <i>Céline Castets-Renard, Professeure, Université d'Ottawa</i>



SCIENCE, TRUST, AND DEMOCRACY IN THE DIGITAL AGE

19-20 SEPT 2019 | uOttawa | Ottawa ON

SCIENCE, CONFIANCE ET DÉMOCRATIE À L'ÈRE DU NUMÉRIQUE



TIME	EVENT	SPEAKER(S)
Noon - 1:00 pm	<i>Networking Lunch</i>	
1:00 pm - 1:30 pm	Keynote speaker Patients, medicine and health systems in the digital age	<i>Pierre Corvol, President, Académie des sciences (France)</i>
1:30 pm - 2:30 pm	Panel The Rise of AI: who is making decisions about our health? Moderator: <i>Daniel Bouchard Professor, University of Ottawa, Radio-Canada</i>	<i>Pascal Mélihan-Cheinin, General Secretary, Conférence nationale de santé (France)</i> <i>Joëlle Pineau, Professor, McGill University and Facebook</i> <i>Doug Manuel, Professor, University of Ottawa</i> <i>Alain Mouttham, Researcher, Montfort Hospital</i>
2:30 pm - 2:45 pm	<i>Health and Networking Break</i>	
2:45 pm - 3:45 pm	Reflections on G7 Themes and the Impact of the Academies Moderator: <i>Roseann O'Reilly-Runte, President, Canada Foundation for Innovation</i>	<i>Chad Gaffield, President of the Royal Society of Canada</i> <i>Pierre Corvol, President, Académie des sciences (France)</i> <i>John Boright, Executive Director, International Affairs of the US National Academies</i>
ROUND TABLE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ACCOUNTABILITY EMBASSY OF FRANCE IN CANADA – 42 SUSSEX DRIVE, OTTAWA (INVITATION ONLY)		
5:15 pm - 7:30 pm	Artificial Intelligence and accountability Roundtable and Reception Hosted by the Embassy of France in Canada Moderator: <i>Patrick Flandrin, Vice-President, Académie des sciences (France) and, Senior Scientist at l'École normale supérieure de Lyon and Centre national de la recherche scientifique</i>	<i>Antoine Petit, President, Centre national de la recherche scientifique (France)</i> <i>Denis Thérien, Vice-President, Element AI</i> <i>Marc-Antoine Dilhac, Professor, Université de Montréal</i> <i>Laurence Devillers, Professor, Université Paris-Sorbonne and Commission de réflexion sur l'Éthique de la Recherche en sciences and technologies du Numérique d'Allistene (France)</i> <i>Céline Castets-Renard, Professor, University of Ottawa</i>



SCIENCE, TRUST, AND DEMOCRACY IN THE DIGITAL AGE

19-20 SEPT 2019 | uOttawa | Ottawa ON

SCIENCE, CONFIANCE ET DÉMOCRATIE À L'ÈRE DU NUMÉRIQUE



JOUR 2 – VENDREDI, LE 20 SEPTEMBRE,
UNIVERSITÉ D'OTTAWA, SALLE HUGUETTE LABELLE

HEURE	ÉVÉNEMENT	CONFÉRENCIER(S)
8h - midi	Inscription	
9h - 9h05	Ouverture Maître de cérémonie Reconnaissance du territoire autochtone	<i>Marie-Eve Sylvestre, Professeure et Doyenne, Section de Droit civil, Université d'Ottawa</i>
9h05 - 9h45	Conférenciers invités Exploiter toutes les sources de connaissance et de culture	<i>Chef Ronald Ignace et Marianne Ignace, Professeurs, Simon Fraser University</i>
9h45 - 10h45	Table ronde Dialogue intergénérationnel : les conséquences de l'intelligence artificielle sur l'avenir du monde du travail Modérateurs : <i>Pascale Dangoisse et Philippe Rodrigues-Rouleau, Doctorants, Département de Communication, Université d'Ottawa</i>	<i>Olivier Faron, Administrateur général, Conservatoire national des arts et métiers</i> <i>Ailish Campbell, Déléguée commerciale en chef du Canada et Sous-ministre adjointe, Affaires mondiales Canada</i> <i>Sean Mullin, Directeur-général, Brookfield Institute, Toronto</i>
10h45 - 11h00	<i>Pause santé et réseautage</i>	
11h - midi	Carte blanche Bilan et perspectives : Sciences et société	<i>Mona Nemer, Conseillère scientifique en chef du Canada</i>
Midi - 12h15	Mot de clôture Prochaines étapes : aujourd'hui et demain	<i>Chad Gaffield, Président, Société royale du Canada</i>



SCIENCE, TRUST, AND DEMOCRACY IN THE DIGITAL AGE

19-20 SEPT 2019 | uOttawa | Ottawa ON

SCIENCE, CONFIANCE ET DÉMOCRATIE À L'ÈRE DU NUMÉRIQUE



DAY 2 – FRIDAY, SEPTEMBER 20, 2019
UNIVERSITY OF OTTAWA, HUGUETTE LABELLE HALL

TIME	EVENT	SPEAKER(S)
8:00 - noon	Registration	
9:00 am - 9:05 am	Opening Master of Ceremonies Acknowledgement of Traditional Indigenous Territory	<i>Marie-Eve Sylvestre, Dean of Civil Law, University of Ottawa</i>
9:05 am - 9:45 am	Keynote speakers Tapping into all sources of knowledge and culture	<i>Chief Ronald Ignace and Marianne Ignace, Professors, Simon Fraser University</i>
9:45 am - 10:45 am	Panel Intergenerational dialogue: the consequences of AI on the future of work Moderators: <i>Pascale Dangoisse and Philippe Rodrigues-Rouleau, Doctoral candidates at the University of Ottawa</i>	<i>Olivier Faron, Conservatoire national des arts et métiers (France) Ailish Campbell, Chief Trade Commissioner and Assistant Deputy Minister, Global Affairs Canada Sean Mullin, Executive Director, Brookfield Institute, Toronto</i>
10:45 am - 11:00 am	Health and Networking Break	
11:00 am - noon	Carte blanche Reflections on Science and Society	<i>Mona Nemer, Canada's Chief Science Advisor</i>
Noon - 12:15 pm	Concluding remarks Next steps: today and tomorrow	<i>Chad Gaffield, President, Royal Society of Canada</i>

CONFÉRENCIERS

John P. Boright est le directeur général du Bureau des affaires internationales des Académies nationales des sciences, d'ingénierie et de médecine des États-Unis. Il a travaillé à la création et à la programmation de l'*InterAcademy Partnership*, mettant en contact plus de 100 Académies dans le monde, dans son réseau régional des Amériques (IANAS), et dans sa branche d'étude (IAP-R). Il a contribué à la création et à la mise en œuvre de l'*African Science Academy Development Initiative* (ASADI), qui existe aujourd'hui depuis 10 ans, et supervise les activités de coopération traitant de la coopération scientifique internationale afin de renforcer les capacités des pays en développement en matière de conseils scientifiques dans leurs pays et dans le monde. Il fournit depuis plusieurs années les conseils des Académies aux pays du Sommet économique du G7. Dr Boright a occupé plusieurs postes gouvernementaux : au Bureau de la politique scientifique et technologique du cabinet du Président, sous-secrétaire adjoint aux affaires scientifiques et technologiques au département d'État, directeur de la division des programmes internationaux de la *National Science Foundation*, conseiller scientifique et technique à l'ambassade des États-Unis à Paris et au sein de l'organisme des États-Unis pour la maîtrise des armements et le désarmement. Il a été président du centre pour la science et la technologie en Ukraine et président du Forum mondial de la science de l'OCDE. Il est titulaire d'un baccalauréat et d'un doctorat en physique de la *Cornell University*.



SPEAKERS

John P. Boright is the Executive Director of the Office of International Affairs of the US National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. He has worked on the creation and programs of the *InterAcademy Partnership*, linking over 100 Academies of the world, in its Americas' regional network (IANAS), and in its study arm (the IAP-R). He helped to create and implement the 10-year *African Science Academy Development Initiative* (ASADI), and oversees cooperative activities focused on international science cooperation to build capacity in developing countries for science-based advice in their countries and globally. He has been involved for several years in the production of joint advice from Academies to the G7 Economic Summit countries. Dr. Boright has served in several governmental positions: in the Office of Science and Technology Policy in the Executive Office of the President; Deputy Assistant Secretary for Science and Technology Affairs at the Department of State; Director of the Division of International Programs, at the National Science Foundation; Counselor for S&T at the U.S. Embassy in Paris; and the U.S. Arms Control and Disarmament Agency. He has been Chair for the Science and Technology Center/Ukraine, and Chair of the OECD Global Science Forum. He has a B.A. and Ph. D. in physics from Cornell University.

Daniel Bouchard est le présentateur du *Téléjournal/Ottawa-Gatineau* de la fin de semaine de Radio-Canada. Depuis 1996, Daniel Bouchard a animé plusieurs émissions diffusées sur la chaîne télévisée de Radio-Canada en Ontario et en Outaouais et sur la chaîne d'information RDI. Daniel Bouchard a animé également des soirées spéciales pour Radio-Canada telles que *La Soirée électorale* en Ontario en 2007. Il a aussi travaillé pour le réseau national de Radio-Canada, notamment pour réaliser des épisodes de la série *Tout le monde en parlait*.



Daniel Bouchard is the weekend host of *Téléjournal/Ottawa-Gatineau* on Radio-Canada. Since 1996, Mr. Bouchard has hosted several programs on Radio-Canada in Ontario and the Outaouais region, as well as on the RDI news channel. He has anchored a number of special programs for Radio-Canada, such as *Election Night* in Ontario in 2007. He has also worked for Radio-Canada's national network, notably by hosting episodes of the "Tout le monde en parlait" series.

Sur la scène internationale, Daniel Bouchard a notamment couvert le Sommet de la terre au Brésil

Internationalement, Daniel Bouchard covered the Earth Summit in Brazil in 1992 and the terrorist attacks in New York in September 2001, and he reported on

en 1992 et les attaques terroristes à New York en septembre 2001, en plus de faire des reportages sur l'impact de catastrophes naturelles, comme l'ouragan Mitch au Honduras (1998) et la tempête tropicale Jeanne en Haïti (2004). Monsieur Bouchard a également fait la couverture de l'opération militaire canadienne en Somalie lors de la guerre civile (1993), ainsi que des élections législatives au Cameroun en 1997.

En dehors de ses nombreuses activités journalistiques, Daniel Bouchard est enseignant à l'Université d'Ottawa, en Histoire, Étude politique et Communication. Il possède un doctorat en Histoire avec une spécialisation en Environnement et Études canadiennes de l'Université d'Ottawa (2002). Sa thèse de doctorat porte sur la destruction de l'environnement par l'industrie minière à Sudbury (Ontario).

natural disasters like Hurricane Mitch in Honduras (1998) and tropical storm Jeanne in Haiti (2004). Mr. Bouchard also covered the Canadian military operation during the Civil War in Somalia (1993) and the presidential elections in Cameroon in 1997.

In addition to his many activities as a journalist, Daniel Bouchard teaches History, Political Science and Communications at the University of Ottawa. He holds a PhD in History with a specialization in Environment and Canadian Studies from the University of Ottawa (2002). His doctoral thesis explored the environmental destruction caused by the mining industry in Sudbury, Ontario.

Dr. Ailish Campbell se joint à Affaires mondiales Canada en tant que déléguée commerciale en chef du Canada en mars 2017 (www.deleguescommerciaux.gc.ca). Elle dirige une équipe de 400 personnes au Canada et une équipe internationale de 900 délégués commerciaux répartis dans 160 bureaux qui servent les intérêts des entreprises canadiennes pour les aider à vendre, à prospérer et à exporter.



Auparavant, elle était directrice générale à Finances Canada, où elle était chargée du budget fédéral pour les politiques, dont la politique en matière d'innovation et de défense. En outre, elle a été vice-présidente des politiques internationale et budgétaire au Conseil canadien des affaires, où elle s'est occupée des relations du chef de la direction avec la Chine, le Japon, et l'Inde. Elle a commencé sa carrière dans la fonction publique fédérale canadienne en tant que négociatrice commerciale du Cycle de Doha des négociations de l'OMC.

Elle siège au conseil consultatif du Banff Forum, organisation nationale non partisane sans but lucratif qui encourage le leadership et la consultation en matière de politiques publiques.

Dr Campbell est titulaire d'une maîtrise ès sciences en économie de la London School of Economics et d'un doctorat en relations internationales de l'Université d'Oxford. Le Forum économique mondial l'a nommée Jeune leader mondial.

Dr. Ailish Campbell joined Global Affairs Canada as the Chief Trade Commissioner of Canada in March 2017. She leads a cross-Canada team of 400 and an international team of 900 Trade Commissioners in 160 offices that serve Canadian business interests to help firms sell, grow and go global.

Previously she was General Director at Finance Canada where she was responsible for the federal budget in policy areas including innovation and defence policy, and Vice President, Policy - International and Fiscal Issues, at the Business Council of Canada where she led CEO engagement in China, Japan, and India. She began her career in the Canadian federal public service as a trade negotiator on the Doha Round of WTO negotiations.

She serves on the advisory board of the Banff Forum, a national non-partisan not-for-profit organization promoting leadership and public policy engagement.

Ailish holds a Master of Science (Economics) from the London School of Economics and a Doctorate in International Relations from the University of Oxford and is designated as a Young Global Leader by the World Economic Forum.

Céline Castets-Renard est actuellement professeur de droit à l'Université d'Ottawa, Faculté de droit civil, et Membre du Centre de recherche en Droit, Technologie et Société.

Elle est également titulaire de la Chaire en Droit, Redevabilité et Confiance sociale en l'IA supportée par le Gouvernement français (ANR-3IA) au sein d'ANITI (*Artificial and Natural Intelligence Toulouse Institute*).

Elle fut professeur de droit à l'Université Toulouse Capitole (France) de 2002 à 2019 et Membre junior de l'Institut Universitaire de France (IUF) entre 2015 et 2020. Elle fut directrice adjointe de l'*Institut de Recherche en Droit Européen, International et Comparé* (IRDEIC), Centre d'Excellence Jean Monnet de 2014 à 2019.

Elle fut également Professeur invitée (*Visiting Professor*) et récipiendaire d'une bourse *Fulbright* à l'Université de *Fordham*, Faculté de droit, au *Center of Law and Information Policy (CLIP)* à New York de 2017 à 2019 et *Visiting Scholar* à la Faculté de droit de Yale, au sein de *ISP (Internet Society Project)* en 2018-2019.

Ses recherches portent sur le lien entre droit et technologies dans une perspective internationale et européenne, plus précisément en matière de protection des données personnelle et vie privée, droit d'auteur dans un environnement numérique, la surveillance technologique, la cybersécurité, la régulation des plateformes, ainsi que les aspects légaux et éthiques de l'IA. Elle s'intéresse spécialement à la redevabilité des décisions algorithmiques et explore des réglementations spécifiques de l'IA suivant une approche sectorielle, telle la police prédictive, la santé, les véhicules autonomes et les villes intelligentes.

Pierre Corvol, M.D., est professeur émérite au Collège de France et administrateur honoraire du Collège de France. Il est actuellement président de l'Académie française des sciences.

Il a été Chef de l'Unité Hypertension de l'Hôpital Européen Georges Pompidou à Paris jusqu'en 2007. Il a dirigé l'Unité de recherche de l'Inserm « Pathologie vasculaire et endocrinologie rénale » de 1982 à 2006. Il a été professeur au Collège



Céline Castets-Renard is currently Full Law Professor at *Ottawa University* (Canada), *Civil Law Faculty*, and member of the *Center of Law, Technology and Society*.

She also supervises the Chair on *Law, Accountability, Social Trust in AI* granted by the French Government (ANR-3IA), within the *Artificial and Natural Intelligence Toulouse Institute* (ANITI).

She was a Full Law Professor at *Toulouse Capitole University* (France) from 2002 to 2019, and Junior Member of the *Institut Universitaire de France* (IUF) (2015-2019). She was co-supervisor of the *Institut de Recherche en Droit Européen, International et Comparé* (IRDEIC), EU Jean Monnet Center of Excellence (2014-2019).

She also was *Fulbright* Visiting Scholar at *Fordham Law School, Center of Law and Information Policy (CLIP)* (NY) (2017-2019) and Visiting Scholar at *Yale Law School, Internet Society Project (ISP)* (2018-2019).

Her researches concern the link between law and technologies in an international and European perspective, more precisely regarding privacy and personal data issues, copyright in the digital environment, tech surveillance, cybersecurity, regulation of platforms, as well as legal and ethical aspects of AI. She focuses on accountability of algorithms and automated decision-making, and explores specific regulations of AI in a sectorial approach, such as predictive policing, healthcare, autonomous vehicles and smart cities.



Pierre Corvol, MD, is Professor emeritus at the *College de France* and Honorary Administrator of the *College de France*. He is presently President of the *French Academy of Sciences*.

He was Chief of the Hypertension Unit of *Hopital Européen Georges Pompidou* in Paris until 2007. He directed the *Inserm Research Unit « Vascular pathology and renal endocrinology »* from 1982 to 2006. He was Professor at the *College de*

de France (chaire de médecine expérimentale, de 1989 à 2012) et président (administrateur) du Collège de France (2006-2012).

Ses recherches portent sur la régulation hormonale de la pression artérielle. Il a montré le rôle crucial du système rénine angiotensine aldostérone dans le contrôle de la fonction cardiaque et rénale. Son équipe de recherche a contribué dans une large mesure à notre connaissance de la biologie moléculaire et de la biochimie de ce système. Il a participé activement au développement de médicaments actuellement utilisés dans le traitement de l'hypertension artérielle et des maladies cardiovasculaires et rénales, en particulier les inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine. Il est à l'origine des premières études sur la base génétique de l'hypertension humaine.

Il a été président du Conseil scientifique de l'Inserm, président du Conseil scientifique de l'Assistance Publique-Hopitaux de Paris. En 2016, il a présenté un rapport sur l'intégrité de la recherche en France à la demande du Secrétaire d'Etat à la recherche et à l'enseignement supérieur.

Il est membre de l'Académie française des sciences, de l'Académie française de médecine et de l'Académie américaine des arts et des sciences. Il a reçu plusieurs prix, dont le Prix Ciba pour la recherche sur l'hypertension (1985) et le Grand Prix Inserm (2006), le prix Leonardo da Vinci (2019).

Pascale Dangoisse est une doctorante au département de communication à l'Université d'Ottawa. Ses intérêts de recherche portent 'sur l'étude critique des communications politiques canadiennes, médiatisées ou non, sur tout ce qui touche au sujet du féminisme'. Elle s'intéresse aussi aux 'mouvements sociaux et à l'activisme; pourquoi et comment est-ce que les Canadiennes décident de participer ou non dans un mouvement social, et comment est-ce qu'un mouvement évolue?'. Pascale Dangoisse est assistante de recherche sous la direction de Constance Crompton pour le projet 'Lesbian and Gay Liberation in Canada'.



France (chair of Experimental Medicine, from 1989 to 2012) and President (Administrator) of the College de France (2006-2012).

His research is focused on the hormonal regulation of blood pressure. He showed the crucial role of the renin angiotensin aldosterone system in the control of cardiac and renal function. His research team contributed to a great extent to our knowledge on the molecular biology and the biochemistry of this system. He actively participated to the development of drugs currently used in the treatment of high blood pressure and cardiovascular and renal diseases, particularly angiotensin converting enzyme inhibitors. He initiated the first studies on the genetic basis of human hypertension.

He served as President of the Scientific Advisory Council of Inserm, President of the Scientific Council of Assistance Publique-Hopitaux de Paris. In 2016, he delivered a report on research integrity in France at the demand of the French Secretary of State of Research and Higher Education.

He is a member of the French Academy Sciences, of the French Academy of Medicine and of the American Academy of Arts and Sciences. He was awarded several prizes, among them the Ciba Award for Hypertension Research (1985) and the Grand Prix Inserm (2006), the Leonardo da Vinci award (2019).

Pascale Dangoisse is a PhD student in the Department of Communication at the University of Ottawa. Her research interests lie 'within the study of political discourse and communication, mediated and unmediated, on the topics of feminism in Canada'. She is also interested in 'social movements and activism; how do movements initially form and evolve, how and why people decide to act'. Pascale Dangoisse is a research assistant under the supervision of Constance Crompton for the 'Lesbian and Gay Liberation in Canada' project.

Laurence Devillers est Professeur d'informatique à Sorbonne Université et chercheur au LIMSI-CNRS sur les « Dimensions affectives et sociales dans les interactions parlées ». Elle est l'auteur de plus de 150 publications scientifiques (h-index: 35) et du livre « Des robots et des hommes : mythes, fantasmes et réalité », (Plon, 2017). Dans un avenir proche, la robotique sociale d'assistance sera utilisée pour certains aspects du soin, en automatisant la surveillance, l'entraînement, la motivation et l'aspect compagnon des robots pour les personnes âgées, les enfants, les personnes handicapées ou même les individus souffrant de phobies sociales. La conversation pendant des interactions sociales implique naturellement l'échange de contenu linguistique, mais aussi et peut-être de façon plus importante l'expression de relations interpersonnelles, aussi bien que d'expressions d'émotion, d'affect, d'intérêt, etc. Il est nécessaire qu'une réflexion éthique soit combinée avec le développement technologique des robots, pour assurer l'harmonie et l'acceptabilité de leur relation avec les êtres humains. Laurence Devillers est membre de la Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique (CERNA) d'Allistène et est impliquée dans « The IEEE Global Initiative for Ethical Considerations in the Design of Autonomous Systems » depuis 2016 et notamment du groupe P7008 sur le nudge des machines aligné sur nos valeurs. Elle est chargée de mission à l'institut de convergence DATAIA, à Paris-Saclay et au HUB FranceIA (écosystème Privé/public) sur la partie éthique.



Laurence Devillers is a full Professor of Computer Science at Sorbonne University and a researcher at LIMSI-CNRS on « Affective and social dimensions in spoken interaction ». She wrote more than 150 research papers (h-index:35) and a book « Des robots et des hommes : mythes, fantasmes et réalité » (Plon, 2017). In a near future, socially assistive robotics aims to address some critical gaps in care by automating supervision, coaching, motivation, and companionship aspects of interactions with the elderly, children, disabled people, and even individuals with social phobias among many others. Talk during social interactions naturally involves the exchange of propositional content but also and perhaps more importantly the expression of interpersonal relationships, as well as displays of emotion, affect, interest, etc. It is thus necessary that a bigger ethical thought is combined with the scientific and technological development of robots, to ensure the harmony and acceptability of their relation with the human beings.

Laurence Devillers is member of the French Commission on the Ethics of Research in Digital Sciences and Technologies (CERNA) d'ALListène. She is involved in « The IEEE Global Initiative for Ethical Considerations in the Design of Autonomous Systems » and in P7008 about nudging. She is also involved in the French DataIA institut and the FranceIA HUB (Private/Public eco-system) on ethics.

Marc-Antoine Dilhac est professeur de philosophie à l'Université de Montréal, membre associé du Mila. Depuis 2013, il est directeur de l'axe Éthique et politique au Centre de recherche en éthique (Montréal) et a été titulaire de la Chaire de recherche du Canada en éthique publique et théorie politique (2014-2019). Il s'est spécialisé dans les théories de la démocratie et de la justice sociale, ainsi que dans les questions d'éthique appliquée. En 2017, il a initié le projet de la Déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'IA et en a présidé le comité scientifique. Ses recherches actuelles portent sur les impacts éthiques et sociaux de l'IA



Marc-Antoine Dilhac is professor of philosophy at the Université de Montréal, associate member at Mila. Since 2013, he has been Director of Ethics and Politics at the Centre de recherche en éthique (Center for Ethics, Montréal) and held the Canada Research Chair in Public Ethics and Political Theory (2014-2019). He specialized in theories of democracy and social justice, as well as in questions of applied ethics. In 2017, he instigated the project of the Montreal Declaration for a Responsible Development of AI, and chaired its scientific committee. His current research focuses on the ethical and social impacts of AI and digital technologies and issues of governance

et des technologies numériques, et sur les questions de gouvernance et de design institutionnel, avec un intérêt particulier sur la façon dont les nouvelles technologies modifient les relations publiques et les structures politiques.

Marc-Antoine Dilhac siège au Conseil du gouvernement du Canada en matière d'IA et dirige la fonction Délibération de l'Observatoire sur les impacts sociaux de l'IA. Il est titulaire d'un doctorat en philosophie politique de l'Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

Administrateur général du Conservatoire national des arts et métiers depuis le 1er septembre 2013, **Olivier Faron**, professeur des universités, a été reconduit dans ses fonctions pour un second mandat de cinq ans par décret du président de la République, le 23 juillet 2018.

Ancien élève de l'École normale supérieure de Saint-Cloud, agrégé et docteur en histoire, titulaire d'une habilitation à diriger des recherches, il a été membre de l'École française de Rome (1987-1990), chargé de recherches au CNRS (1990-2000) puis professeur des universités à Lyon-II (2000-2002) et Paris-IV Sorbonne (depuis 2003). Membre du Centre Roland Mousnier (UMR 8596 – Paris-IV Sorbonne) puis du laboratoire Triangle (UMR 5206 – ENS Lyon), ses recherches portent principalement sur la démographie des sociétés méditerranéennes des XIXe et XXe siècles, l'anthropologie historique de la première guerre mondiale et l'histoire des chantiers de jeunesse sous la seconde guerre mondiale.

Parallèlement, Olivier Faron fut membre du cabinet du ministre de l'Enseignement supérieur et de la recherche (1993-1995), directeur-adjoint du programme Dynamiques urbaines du CNRS (1997-1998) puis directeur-adjoint de l'Institut des sciences de l'homme de Lyon (2000-2005). Conseiller pour les sciences humaines et sociales et les relations entre science et société auprès de la ministre déléguée à la Recherche et aux nouvelles technologies (2004-2005), il rejoint ensuite la direction générale de l'enseignement supérieur en qualité de chargé de mission scientifique et pédagogique (2004-2005) avant d'être nommé directeur de l'École normale supérieure Lettres et sciences humaines de Fontenay-Saint-Cloud (2005-2009). Directeur général de l'École normale de Lyon (2010-2011), il rejoint le cabinet du ministre de l'Enseignement supérieur et

and institutional design, with a particular focus on how new technologies are changing public relations and political structures.

Marc-Antoine is director of Deliberation at the Observatory on the social impacts of AI and sits on the AI Advisory Council of the Government of Canada. He holds a PhD in political philosophy from the Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne.



General Administrator of the Conservatoire national des arts et métiers since September 1, 2013, **Olivier Faron**, university professor, was reappointed for a second five-year term by decree of the President of the Republic on July 23, 2018.

A former student of the École normale supérieure de Saint-Cloud, an associate and Doctor of History, and holder of a Habilitation degree, Mr. Faron was a member of the École française de Rome (1987-1990), a researcher at the French National Centre for Scientific Research (CNRS) (1990-2000), and a professor at the universities of Lyon-II (2000-2002) and Paris-IV Sorbonne (since 2003). A member of Centre Roland Mousnier (UMR 8596 – Paris-IV Sorbonne) and the Laboratoire Triangle (UMR 5206 – ENS Lyon), Mr. Faron's research mainly focuses on the demography of Mediterranean societies during the 19th and 20th centuries, the historical anthropology of World War I, and the history of youth camps during World War II.

At the same time, Mr. Faron was a member of the office of the French Ministry of Higher Education and Research (1993-1995), the Deputy Director of the "Urban Dynamics" program at CNRS (1997-1998), and the Deputy Director of the Institut des sciences de l'homme de Lyon (2000-2005). A consultant on humanities and social sciences and relationships between science and society with the French Ministry for Research and New Technologies (2004-2005), he then joined the general administration of higher education as Scientific and Teaching Advisor (2004-2005) before being appointed Director of the École normale supérieure de lettres et sciences humaines in Fontenay-Saint-Cloud (2005-2009). General Director of the École normale in Lyon (2010-2011), Mr. Faron joined the office of the French Ministry of Higher Education and Research as Deputy Director of Higher

de la recherche, en qualité de directeur-adjoint en charge de l'enseignement supérieur (juillet 2011 - avril 2012).

Spécialiste reconnu des politiques d'enseignement supérieur et de recherche comme de formation professionnelle, Olivier Faron est vice-président de la commission « formation et insertion professionnelle » de la Conférence des présidents d'université (CPU) et coordinateur du Campus franco-sénégalais.

Education (July 2011-April 2012).

A renowned specialist in higher education and research policies for vocational training, Olivier Faron is Vice-President of the "vocational training and integration" commission of the Conference of University Presidents (CPU) and coordinator of the French-Senegalese Campus.

Patrick Flandrin est Docteur de l'INP Grenoble, France (1982). Il est aujourd'hui directeur de recherche CNRS de classe exceptionnelle, rattaché au Laboratoire de Physique de l'ENS de Lyon depuis 1991. Ses centres de recherche concernent principalement le traitement des signaux non stationnaires, les méthodes temps-fréquence et d'ondelettes, les processus invariants d'échelle et les systèmes complexes. Il a reçu le Prix scientifique Philip Morris en Mathématiques (1991), le « SPIE Wavelet Pioneer Award » (2001), le Prix Michel Monpetit de l'Académie des sciences (2001), la médaille d'argent du CNRS (2010) et le « Technical Achievement Award » de l'IEEE Signal Processing Society (2017). Il est Fellow de l'IEEE (2002) et d'EURASIP (2009). Élu membre de l'Académie des sciences en 2010, il est actuellement son vice-président.



Patrick Flandrin obtained his PhD from INP Grenoble, France (1982). He is currently a CNRS senior scientist, working within the Physics Department of ENS de Lyon since 1991. His research interests include mainly nonstationary signal processing, time-frequency/wavelet methods, scaling stochastic processes and complex systems. Dr. Flandrin was awarded the Philip Morris Scientific Prize in Mathematics (1991), the SPIE Wavelet Pioneer Award (2001), the Prix Michel Monpetit from the French Academy of Sciences (2001), the Silver Medal from CNRS (2010), and the Technical Achievement Award from the IEEE Signal Processing Society (2017). He is a Fellow of the IEEE (2002) and of EURASIP (2009). Elected member of the French Academy of Sciences in 2010, he is currently its Vice-president.

Titulaire d'un post-doctorat en relations industrielles et d'un doctorat en droit de l'Université de Montréal ainsi que de l'Université des Sciences sociales de Toulouse, **Laurence Léa Fontaine**, professeure titulaire, enseigne le droit au Département de sciences juridiques de l'Université du Québec à Montréal (UQAM). Ses recherches sont orientées vers la protection des travailleuses et travailleurs (travail temporaire, temps de travail, effets des objets numériques, dématérialisation des lieux de travail, etc.) par leur représentation (syndicale, par extension des conventions collectives, par l'encadrement des agences de location de personnel, etc.). Elle est coauteure de deux ouvrages majeurs en droit du travail au Québec ainsi que de plusieurs articles. Elle est actuellement directrice des neuf programmes d'études supérieures en droit de l'UQAM.



Laurence Léa Fontaine is a Full Professor of Law at l'Université du Québec à Montréal (UQAM). She obtained her PhD in Law from l'Université de Montréal and l'Université des Sciences Sociales à Toulouse. Her research is focused on the protection of workers (temporary work, hours of work, impact of digital objects, telework, etc) and on their representation (unions, extension of collective agreements, guidance offered by work placement agencies, etc). She has co-authored two major works on labour law in Quebec as well as many articles. She is the Director of nine graduate in Law at l'UQAM.

Jacques Frémont a été nommé recteur et vice-chancelier de l'Université d'Ottawa en 2016. Il avait auparavant assumé divers postes, dont la présidence de la Commission des droits de la personne et des droits de la jeunesse du Québec, ainsi que la direction de l'International Higher Education Support Program auprès des Open Society Foundations à New York. Pendant 28 ans, M. Frémont a aussi occupé diverses fonctions à l'Université de Montréal, y compris celles de provost et de vice-recteur aux affaires académiques, vice-recteur aux affaires internationales et aux études supérieures, doyen de la Faculté de droit, et professeur en droit constitutionnel et en droits de la personne.



Jacques Frémont was appointed President and Vice-Chancellor of the University of Ottawa in 2016. Before joining uOttawa, he held several positions, including as chair of Quebec's Human Rights and Youth Rights Commission, and director of the International Higher Education Support Program at the Open Society Foundations in New York. Prior to these roles, he served at the University of Montreal in various positions for 28 years, including as provost and vice-rector (academic affairs); vice-rector of international and graduate studies; dean of the Faculty of Law; and as a professor, teaching courses on constitutional law and human rights law.

Nombre d'organismes internationaux ont fait appel à son expertise tout au long de sa carrière, pour des questions touchant notamment aux droits de la personne, à la saine gouvernance et à la démocratie. M. Frémont a également dirigé plusieurs importants projets de coopération internationale dans le domaine des droits de la personne et de la formation judiciaire. Il a été professeur invité auprès d'universités au Canada, en Europe et en Asie, et il est l'auteur de nombreux ouvrages, articles et chapitres de livres dans le domaine du droit constitutionnel et du droit public.

Throughout his career, he has advised various international organizations on issues such as human rights, good governance and democracy. He has also directed major international cooperation projects in the fields of human rights and judicial training. He has held appointments as a visiting professor at other Canadian, European and Asian universities, and has authored several books and articles on constitutional and public law.

Chad Gaffield est professeur universitaire distingué à l'Université d'Ottawa (Canada) où il est titulaire de la Chaire de recherche de l'Université en recherche numérique. Parmi ses publications, on trouve des études sur les changements sociodémographiques des XIXe et XXe siècles, sur l'histoire des familles et de l'enfance aux débuts de l'éducation de masse, et sur l'émergence et le développement des communautés de langue officielle du Canada. Du nombre des distinctions qu'a reçues le Pr Gaffield, notons la médaille J. B. Tyrrell de la Société royale du Canada (SRC) et le prix Antonio Zampolli, remis internationalement par l'Alliance of Digital Humanities Organizations. Il a été fait Officier de l'Ordre du Canada en 2017. Le Pr Gaffield a été président et directeur général du Conseil de recherches en sciences humaines du Canada de 2006 à 2014, et a été élu président de la Société royale du Canada pour le mandat 2017-2019.



Chad Gaffield is Distinguished University Professor at the University of Ottawa (Canada) where he holds the University Research Chair in Digital Scholarship. His publications include studies of socio-demographic change during the 19th and 20th centuries, childhood and family history during the initial decades of mass schooling, and the emergence and development of Canada's official language communities. Dr. Gaffield's awards include the Royal Society of Canada's (RSC) J.B. Tyrrell Historical Medal and the Antonio Zampolli Prize given by the international Alliance of Digital Humanities Organizations. He was appointed Officer of the Order of Canada in 2017. Dr. Gaffield served as President and CEO of the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada from 2006 to 2014, and was elected President of the Royal Society of Canada for 2017-2019.

Monica Gattinger est directrice de l'Institut de recherche sur la science, la société et la politique publique, professeure titulaire à l'École d'études politiques et présidente d'Énergie positive à l'Université d'Ottawa. La recherche et l'engagement de la professeure Gattinger se penchent sur les politiques énergétiques et artistiques / culturelles, et se concentrent sur comment renforcer la gouvernance, les politiques publiques et la réglementation dans un contexte d'innovation et de changements technologiques et économiques rapides, de transformations de valeurs sociétales et le déclin de la confiance du public dans les gouvernements, l'industrie, la science et l'expertise. La docteure Gattinger est Fellow au Canadian Global Affairs Institute, et est membre du Conseil consultatif international du Center for Policy on Emerging Technologies (Washington, DC), du Conseil consultatif de la Société de gestion des déchets nucléaires, du Conseil d'apprentissage de l'initiative Energy Exchange de Pollution Probe, et des comités éditoriaux des Presses de l'Université d'Ottawa et de la revue Canadian Public Administration. Elle est titulaire d'un doctorat en politiques publiques de l'Université Carleton.



Monica Gattinger is Director of the Institute for Science, Society and Policy, Full Professor at the School of Political Studies and Chair of Positive Energy at the University of Ottawa. Professor Gattinger's research and engagement focus on the energy and arts/cultural policy sectors, exploring how to strengthen governance, public policy and regulation in the context of fast-paced innovation, technological change and markets, fundamental social and value change, and lower public trust in government, industry, science and expertise. Gattinger is a Fellow at the Canadian Global Affairs Institute, and serves on the International Advisory Board of the DC-based think tank the Center for Policy on Emerging Technologies, the Advisory Council of the Nuclear Waste Management Organization, the Learning Council for Pollution Probe's Energy Exchange, and the Editorial Boards of the University of Ottawa Press and the journal Canadian Public Administration. She holds a Ph.D. in public policy from Carleton University.

Marianne Ignace (Gulkiihlgad) est professeure de linguistique et d'études des Premières Nations à la *Simon Fraser University*, et directrice du programme des langues des Premières Nations et du centre de recherche de la SFU. Ses publications incluent *The Curtain Within: Haida Social and Symbolic Discourse* (1989), une grammaire pratique de Ts'msyen Sm'algyax coécrite avec Margaret Anderson (2008), ainsi que des livres sur la planification des langues autochtones et l'élaboration de programmes d'études pour le *First Nations Education Steering Committee* (1998, 2016 - www.fnesc.ca). Après de nombreuses années d'études en ethnobotanique et ethnoécologie Secwepemc, elle a écrit et publié, avec Nancy Turner et Sandra Peacock, *Secwepemc People and Plants: Research Papers on Shuswap Ethnobotany* (2016), et avec Ron Ignace *Secwepemc People, Land and Laws - Yeri7 re Stsqeýs-kucw* (2017), un voyage épique de 10 000 ans à travers l'histoire Secwepemc. Résidente de la communauté Skeetchestn de la Nation Secwepemc, elle enseigne et coordonne actuellement des cours



Marianne Ignace, Gulkiihlgad, (Professor, Linguistics and First Nations Studies, Simon Fraser University, and Director of SFU's First Nations Languages Program and Research Centre). Her publications include *The Curtain Within: Haida Social and Symbolic Discourse* (1989), a practical grammar of Ts'msyen Sm'algyax co-authored with Margaret Anderson (2008), and books on Indigenous language planning and curriculum development for First Nations Education Steering Committee (1998, 2016 - www.fnesc.ca). Based on many years of studies in Secwepemc ethnobotany and ethnoecology, she edited and wrote, with Nancy Turner and Sandra Peacock, *Secwepemc People and Plants: Research Papers on Shuswap Ethnobotany* (2016), and, with Ron Ignace wrote (2017) *Secwepemc People, Land and Laws - Yeri7 re Stsqeýs-kucw*, a prize-winning epic journey through 10,000 years of Secwepemc history. A resident of the Skeetchestn community in the Secwepemc Nation, she currently teaches and coordinates courses in Indigenous languages in Kamloops, Haida Gwaii and Yukon, and presently

de langues autochtones à Kamloops, à Haïda Gwaii et au Yukon, et dirige un partenariat du CRSH (2013-2020) axé sur la documentation et la revitalisation linguistiques des Premières Nations. Avec Ron Ignace, elle a reçu le prix du Gouverneur général pour l'innovation en 2019, et elle termine actuellement deux volumes annotés et illustrés de récits en Xaad Kil (Haïda - avec Lawrence Bell) et en Secwepemctsin (Shuswap - avec Ron Ignace), qui montrent les complexités du langage, des pensées, du savoir environnemental et leur traduction dans les lois du comportement humain entre chaque nation.

directs a SSHRC partnership grant (2013-2020) focused on First Nations language documentation and revitalization. With Ron Ignace she was awarded the 2019 Governor General's Innovation Award, and she is currently completing two annotated and illustrated volumes of narratives in Xaad Kil (Haïda – with Lawrence Bell) and Secwepemctsin (Shuswap – with Ron Ignace), which show the intricate complexities of language, thought, environmental knowledge and their reflection in the laws of human conduct among each nation.

Le chef Ronald E. Ignace (*Stsméłqen*) est membre de la nation Secwepemc (Shuswap). Il est le chef du groupe Skeetchestn depuis plus de 26 ans depuis le début des années 1980 et a également été président du conseil tribal de la nation Shuswap et président de la *Secwepemc Cultural Education Society* à la fin des années 1980 et 1990, coanimant le rapatriement des restes humains du musée royal de la Colombie-Britannique. Pendant de nombreuses années, il a été coprésident du partenariat universitaire autochtone entre les Secwepemc et la *Simon Fraser University* à Kamloops, en Colombie-Britannique, et il continue d'enseigner la langue Secwepemc et les études des Premières Nations à la SFU. Il est titulaire d'un baccalauréat et d'une maîtrise en sociologie de la UBC et a obtenu son doctorat en anthropologie à la SFU en 2008 avec une thèse intitulée *Our Oral Histories are Our Iron Posts: Secwepemc Stories and Historical Consciousness*. Il a publié et copublié avec Marianne Ignace plusieurs articles et chapitres de livres sur l'histoire, l'ethnobotanique, la langue et la culture des Secwepemc, et plus récemment l'épopée *Secwepemc People, Land and Laws: Yerí7 re stsqéys-kucw* (McGill-Queens University Press 2017), un voyage à travers 10 000 ans d'histoire Secwepemc. Élevé par ses arrière-grands-parents, Ron parle couramment le Secwepemctsin et a plus de soixante ans d'expérience pratique dans la cueillette des aliments traditionnels Secwepemc, grâce aux compétences qu'il a acquises de ses propres aînés qui ont partagé avec lui leurs histoires et enseignements dans la langue Secwepemc. Avec Marianne Ignace, il a reçu le prix du Gouverneur général pour l'innovation en 2019.



Chief Ronald E. Ignace (*Stsméłqen*) is a member of the Secwepemc (Shuswap) Nation. He has been the elected Chief of the Skeetchestn Band for more than 26 years since the early 1980s, and also served as Chairman of the Shuswap Nation Tribal Council and president of the Secwepemc Cultural Education Society during the late 1980s and 1990s, co-facilitating the repatriation of human remains from the Royal BC Museum. For many years he was the co-chair of the Aboriginal university partnership between the Secwepemc and Simon Fraser University in Kamloops, B. C., and he continues to teach courses in Secwepemc Language and First Nations Studies through SFU. He holds B.A. and M.A. Degrees in Sociology from the University of British Columbia, and completed his PhD in Anthropology at Simon Fraser University in 2008 with a dissertation titled *Our Oral Histories are Our Iron Posts: Secwepemc Stories and Historical Consciousness*. He has published and co-published with Marianne Ignace, several articles and book chapters on Secwepemc history, ethnobotany, language and culture, most recently the epic *Secwepemc People, Land and Laws: Yerí7 re stsqéys-kucw* (McGill-Queens University Press 2017), a journey through 10,000 years of Secwepemc history. Having been raised by his great-grandparents, Ron is a fluent speaker of Secwepemctsin and has more than sixty years of practical experience in Secwepemc traditional food gathering, having learned these skills from his own elders, who shared their stories and teachings in the Secwepemc language with him. With Marianne Ignace, he was awarded the Governor General's Award for Innovation in 2019.

Michèle Lamont est professeure de sociologie et d'études africaines et afro-américaines ainsi que professeure Robert I. Goldman d'études européennes à l'Université Harvard. Elle a siégé en tant que 108^e présidente de l'*American Sociological Association* (ASA) de 2016 à 2017 et a présidé le *Council for European Studies* de 2006 à 2009. Elle a également reçu le prix Erasmus 2017 pour sa contribution aux sciences sociales en Europe et dans le reste du monde. Sociologue culturelle, Lamont est l'auteure d'une douzaine de livres et ouvrages et de plus d'une centaine d'articles et de chapitres couvrant des sujets aussi variés que la culture et les inégalités, le racisme et la stigmatisation, les universités et le savoir, le changement social et les sociétés prospères ou les méthodes qualitatives. Elle a récemment coécrit le livre *Getting Respect: Responding to Stigma and Discrimination in the United States, Brazil, and Israel* (Princeton University Press 2016) ; rédigé son discours de la présidence de l'ASA intitulé « *Addressing Recognition Gaps: Destigmatization and the Reduction of Inequality* » (*American Sociological Review* 2018) ; présenté la conférence annuelle 2018 du *British Journal of Sociology* : « *From Having to Being: Self-Worth and the Current Crisis of American Society* » ; et un numéro spécial de *Daedalus* sur « L'inégalité en tant que processus multidimensionnel » (coédité avec Paul Pierson ; été 2019). Elle siège aux conseils d'administration de l'*American Council of Learned Societies*, du *Graduate Institute of International and Development Studies*, du *Princeton Institute for International and Regional Studies* et du *Max Planck Institute for the Study of Religious and Ethnic Diversity*. Michèle Lamont est directrice du *Weatherhead Center for International Affairs* de l'Université Harvard et codirectrice du programme « Bien-être collectif » de l'Institut canadien de recherches avancées.



Michèle Lamont is Professor of Sociology and of African and African American Studies and the Robert I. Goldman Professor of European Studies at Harvard University. She served as the 108th President of the American Sociological Association in 2016-2017 and she chaired the Council for European Studies from 2006-2009. She is also the recipient of the 2017 Erasmus prize for her contributions to the social sciences in Europe and the rest of the world. A cultural and comparative sociologist, Lamont is the author of a dozen books and edited volumes and over one hundred articles and chapters on a range of topics including culture and inequality, racism and stigma, academia and knowledge, social change and successful societies, and qualitative methods. Her most recent publications include the coauthored book *Getting Respect: Responding to Stigma and Discrimination in the United States, Brazil, and Israel* (Princeton University Press 2016); her ASA Presidential Address "Addressing Recognition Gaps: Destigmatization and the Reduction of Inequality" (*American Sociological Review* 2018); the 2018 *British Journal of Sociology Annual Lecture*: "From Having to Being: Self-Worth and the Current Crisis of American Society;" and a special issue of *Daedalus* on "Inequality as a Multidimensional Process" (coedited with Paul Pierson; summer 2019). She serves on the boards of the American Council of Learned Societies, The Graduate Institute of International and Development Studies, the Princeton Institute for International and Regional Studies, and the Max Planck Institute for the Study of Religious and Ethnic Diversity. Lamont is Director of the Weatherhead Center for International Affairs, Harvard University; and Co-director of the Successful Societies Program, Canadian Institute for Advanced Research.

Karine Lefevre est professeure à l'École des hautes études en santé publique (EHESP Rennes-Paris) et directrice adjointe du département des sciences humaines et sociales. Elle s'intéresse aux droits des personnes vulnérables, l'éthique et la démocratie en santé. Mme Lefevre est une personne qualifiée au Haut Conseil de la Famille, de l'Enfance et de l'Âge (HCFEA) et elle est la vice-présidente du Comité Consultatif National d'Éthique (CCNE). Elle travaille particulièrement la question des liens entre le droit des



Karine Lefevre is a Professor at the School of Advanced Studies in Public Health (EHESP Rennes-Paris) and Deputy Director of the Department of Humanities and Social Sciences. Karine Lefevre works particularly on the issues of the rights of vulnerable individuals, ethics and democracy in the health sector. Professor Lefevre is a qualified person at the High Council for the Family, Childhood and Age and serves as Vice-President of the National Advisory Committee on Ethics. She is particularly

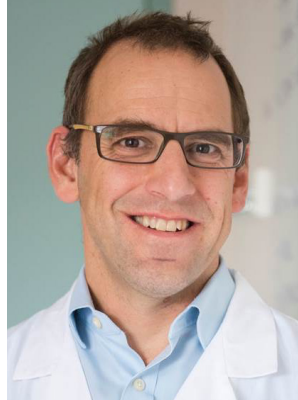
personnes, l'éthique et la place de l'opinion citoyenne dans la société. Elle a codirigé en 2018 la rédaction de l'ouvrage intitulé « La démocratie en santé en questions »; elle est co-directrice de la série « Protéger les majeurs vulnérables » aux Presses de l'EHESP, dont le quatrième ouvrage paraîtra en septembre 2019.

Prof. Doug Manuel est un éminent professeur au département de médecine familiale de l'Université d'Ottawa et à la *School of Epidemiology and Public Health*. Il est scientifique principal à l'Institut de recherche de l'hôpital d'Ottawa, expert clinique au Centre de recherche C.T. Lamont en soins de santé primaires de l'Institut de recherche Bruyère, scientifique principal à l'ICES et conseiller médical principal pour Statistique Canada. Depuis plus de 25 ans, il exerce en tant que médecin de première ligne dans les communautés rurales, éloignées et mal desservies du Canada.

Les recherches du Prof. Manuel portent sur l'élaboration d'algorithmes prédictifs avancés et de modèles de micro simulation pour l'évaluation de la santé de la population et de l'impact des stratégies sanitaires sur la santé. Il est le fondateur de ProjectBigLife.ca, un site Web utilisé dans plus de 200 pays donnant des indications prédictives sur la future santé des individus. Il a écrit des articles sur la réussite des sociétés dont la santé de la population est la meilleure. Il a publié plus de 250 études, dont des articles dans les principales revues médicales. Ses collaborations ont permis d'élaborer des algorithmes prédictifs grâce aux remarquables données sur la santé de la population détenues par Statistique Canada, l'Institut canadien d'information sur la santé et des organismes sanitaires provinciaux tels que l'ICES.

Florian Martin-Bariteau, LL.D., est professeur adjoint en droit et technologies à la Faculté de droit, Section de common law et directeur du Centre de recherche en droit, technologie et société de l'Université d'Ottawa. Ses recherches portent principalement sur le droit des technologies et les droits intellectuels, avec un intérêt particulier pour la chaîne de blocs (blockchain), l'intelligence artificielle, la cybersécurité, les secrets et les lanceurs d'alerte. Il est le lauréat du Prix du chercheur émergent 2018-2019 de la Section de common law.

interested in the linkages between individual rights, ethics and the role of citizen opinion in society. She is the co-director of the book "La démocratie en santé en questions" and "Protéger les majeurs vulnérables" (4 volumes) published by the EHESP Press. The fourth book, "Place à l'éthique", will be published in September 2019.



Dr. Doug Manuel is a Distinguished University Professor at the University of Ottawa in the Departments of Family Medicine and School of Epidemiology and Public Health. He is a Senior Scientist at The Ottawa Hospital Research Institute, a Clinical Scientist with C.T. Lamont Primary Health Care Research Centre, Bruyère Research Institute, a Senior Core Scientist at ICES and a Senior Medical Advisor for Statistics Canada. For over 25 years, he has been a primary care doctor in rural, remote and underserved

Canadian communities.

Dr. Manuel's research develops advanced predictive algorithms and microsimulation models to assess population health and the health impact of health strategies. He is the founder of ProjectBigLife.ca, a website used in over 200 countries that allow individuals to predict their future health. He has written on how societies with the best population health have achieved their success. He has published over 250 studies, including papers in the leading medical journals. His collaborations develop predictive algorithms using Canada's remarkable strength in population health data at Statistics Canada, the Canadian Institute for Health Information and provincial health agencies such as ICES.



Florian Martin-Bariteau is an Assistant Professor of Law and Technology at the Faculty of Law, Common Law Section and the Director of the University of Ottawa Centre for Law, Technology and Society. As a legal scholar, his research focuses on Technology and Intellectual Property Law; with a special interest in Blockchain, Artificial Intelligence, Cybersecurity, Secrets and Whistleblowers. He is the recipient of the 2018-2019 Common Law Emergent Researcher Award.

Pascal Mélihan-Cheinin est Secrétaire général de la Conférence nationale de santé (CNS) depuis 2017. Il a notamment organisé le débat « citoyen » sur les conditions pour que les applications en santé et les objets connectés bénéficient à tous, avec l'appui méthodologique de la Commission nationale du débat public (CNDP), en association avec le Conseil national consultatif des personnes handicapées (CNCPH) et le Conseil national des politiques de lutte contre la pauvreté et l'exclusion sociale (CNLE), et en partenariat avec la Délégation interministérielle à la transformation publique (DITP). Il prépare la prochaine mandature de la CNS attendue pour fin 2019 – début 2020. Le Secrétariat général de la CNS est un service du ministère des solidarités et de la santé rattaché à la Direction générale de la santé (DGS).



Pascal Mélihan-Cheinin has been the Secretary General of the Conférence nationale de santé [National health conference] (CNS) since 2017. Among other things, he organized the “citizen” debate on the conditions for health applications and related matters to benefit all, with the methodological support of the National Commission for Public Debate (CNDP), in association with the National Advisory Council for Persons with Disabilities (CNCPH) and the National Council Against Poverty and Social Exclusion (CNLE), and in partnership with the Interministerial Directorate for Public Transformation (DITP). He is preparing the next CNS mandate, which is projected for late 2019/early 2020. The Secretariat General of the CNS is a department of the French Ministry of Health and Solidarity, associated with the French General Directorate for Health (DGS).

Auparavant, il a été conseiller du Directeur général de la santé (DGS), chargé de piloter la réforme des agences et celle des vigilances, en 2015-2016.

In 2015-2016, Mr. Mélihan-Cheinin acted as advisor to the DGS in charge of piloting agency and program reform.

En 2013-2014, il anime la sous-direction de la santé des populations et de la prévention des maladies chroniques, après avoir été adjoint au sous-directeur depuis 2010. Ce service réunit quatre dimensions clés de la santé publique : les populations (vulnérables, fragiles), les déterminants (tabac, alcool, sommeil, notamment), les pathologies (non transmissibles, psychiatriques et somatiques), les lieux de vie (école, prisons, ...).

In 2013-2014, Mr. Mélihan-Cheinin directed the population health and chronic disease prevention sub-directorate after having acted as the assistant to the deputy director since 2010. This department addresses four key dimensions of public health: populations (vulnerable, fragile), determinants (tobacco, alcohol and sleep, in particular), disease (non-communicable, psychiatric and somatic), and living environments (school, prison, etc.).

En 2002, M. Mélihan-Cheinin rejoint la DGS comme chef du bureau des pratiques addictives, après une expérience de 10 ans dans les ONG et comme expert auprès d'institutions françaises et internationales. Il est l'auteur de publications scientifiques françaises et internationales, essentiellement dans le champ des addictions.

In 2002, Mr. Mélihan-Cheinin joined the DGS as head of addictive practices, following 10 years of experience working in NGOs as an expert with French and international institutions. He has authored scientific publications in France and abroad, chiefly in the field of addictions.

Diplômé de l'Institut d'études politiques de Paris, Pascal Mélihan-Cheinin est titulaire d'un master 2 en économie internationale de l'université Paris XIII et d'un master 2 en sociologie du travail de l'université Paris-Diderot.

A graduate of the Paris Institute of Political Studies, Mr. Mélihan-Cheinin holds a Master 2 in International Economics from the University of Paris XIII and a Master 2 in the Sociology of Work from Paris Diderot University.

Alain Mouttham détient un Doctorat en Informatique de la Santé de l'Université d'Ottawa, ainsi qu'un Master de l'université Stanford en Californie. Il dirige une activité de recherche sur des systèmes d'aide à la décision clinique basée sur de l'Intelligence Artificielle à l'Institut du Savoir Montfort, et travaille aussi dans le Centre d'Excellence Clinique en Maladies Chroniques de l'Hôpital Montfort à Ottawa. Auparavant, Alain était Fondateur et PDG de deux startups, dans la Silicon Valley, en France, et au Canada, ainsi que cadre exécutif chez Hewlett-Packard et Nortel Networks.



Alain Mouttham holds a Ph.D. in Computer Science (specialty Health Informatics) from the University of Ottawa and a MSc from Stanford University. He leads a research team on Clinical Decision Support Systems based on Artificial Intelligence at the Institut du Savoir Montfort, and works in the Center of Clinical Excellence in Multimorbidity at the Hôpital Montfort in Ottawa. Prior to joining the healthcare industry, Alain was an executive in High-Technology at multinationals (Hewlett-Packard, Nortel Networks), as well as Founder & CEO of two startups, in the Silicon Valley, France, and Canada.

Sean Mullin est économiste, expert en politiques publiques, leader et penseur. En 2015, il a rejoint le *Brookfield Institute for Innovation + Entrepreneurship* (BII+E) en tant que premier directeur général, assurant l'orientation stratégique et menant les activités quotidiennes de l'institut.



Depuis plus d'une décennie, Sean soutient et alimente d'importantes décisions en matière de politiques publiques, en mettant l'accent sur les questions économiques. Fort de cette expérience, ses convictions quant à l'importance d'encourager l'innovation et l'esprit d'entreprise en tant que vecteurs de la croissance économique et de la prospérité se sont renforcées.

Avant de rejoindre le BII+E, Sean a occupé le poste de chef de cabinet au sein d'une société de financement par capitaux propres de Toronto, où il a travaillé pour les finances et la stratégie de gestion. Sean a également conseillé pendant plus de six ans le Premier ministre de l'Ontario et le ministre des Finances de l'Ontario, où il a notamment coordonné l'élaboration du budget annuel de la province de l'Ontario.

Il a également travaillé comme consultant, offrant son expertise et ses conseils en matière de stratégie et de gestion d'entreprise à des clients des secteurs technologique, caritatif ou public. Sean contribue également au discours sur les politiques publiques au Canada et a souvent été publié en tant qu'auteur, a contribué à la rédaction de rapports ou a été invité à prendre la parole sur des sujets tels que la politique

Sean Mullin is an economist, public policy expert, leader and thinker. In 2015, he joined the Brookfield Institute for Innovation + Entrepreneurship (BII+E) as its founding Executive Director, where he provides strategic direction and leads the overall day-to-day activities of the institute.

For more than a decade, Sean has championed and shaped important public policy decisions with a particular focus on economic issues. Through this experience, he has become increasingly convinced of the importance of fostering innovation and entrepreneurship as conduit for economic growth and prosperity.

Prior to joining BII+E, Sean served as the Chief of Staff at a Toronto-based private equity firm, where he worked at the intersection of finance and management strategy. Sean also served for more than six years in senior advisory roles to the Premier of Ontario and Ontario's Minister of Finance, where, among other responsibilities, he coordinated the development of the annual Budget for the Province of Ontario.

He also worked as a consultant, providing expertise and advice on business strategy and management to clients in the technology, non-profit and public sectors. Sean also contributes to the public policy discourse in Canada, and has frequently been published as an author, contributed to reports or invited to speak on topics ranging from tax policy, infrastructure, clean technology, economic development and innovation and entrepreneurship.

fiscale, l'infrastructure, les technologies propres, le développement économique, l'innovation et l'entrepreneuriat.

Sean est titulaire d'un diplôme en économie et en informatique de l'Université de Toronto, d'une maîtrise en économie de l'université McGill et d'une maîtrise en administration des affaires de l'Université d'Oxford. Il siège également au conseil d'administration de *Woodgreen Community Services* ainsi qu'au comité de la stratégie et de l'innovation. Sean vit dans l'est de Toronto avec sa femme, Jessica, sa fille, Ada, et son fils, Leo.

Sean has a degree in Economics and Computer Science from the University of Toronto, an MA in Economics from McGill, and an MBA from the University of Oxford. He also serves on the Board of Woodgreen Community Services, also sitting on the Strategy and Innovation Committee. Sean lives in the east of Toronto with his wife, Jessica, daughter, Ada, and son, Leo.

Mme Mona Nemer est la conseillère scientifique en chef du premier ministre du Canada, de la ministre des Sciences et du Cabinet. Son mandat est de fournir des avis sur les questions liées aux sciences et aux politiques gouvernementales qui les appuient. Il s'agit entre autres de fournir des avis sur les façons de s'assurer que les sciences sont prises en compte dans les décisions de politiques et que les travaux scientifiques du gouvernement sont pleinement accessibles au public.



Dr. Mona Nemer is the Chief Science Advisor to Canada's Prime Minister, Minister of Science and Cabinet. Her mandate is to provide advice on issues related to science and government policies that support it. This includes advising on ways to ensure that science is considered in policy decisions and that government science is fully available to the public.

Avant de devenir conseillère scientifique en chef, Mme Nemer était professeure et vice-présidente de la recherche à l'Université d'Ottawa ainsi que directrice du laboratoire de génétique moléculaire et de régénération cardiaque de l'Université. Elle détient un doctorat en chimie de l'Université McGill et a suivi une formation postdoctorale en biologie moléculaire à l'Institut de recherche clinique de Montréal et à l'Université Columbia.

Before becoming the Chief Science Advisor, Dr. Nemer was Professor and Vice-President of Research at the University of Ottawa and Director of the school's Molecular Genetics and Cardiac Regeneration Laboratory. She holds a PhD in Chemistry from McGill University and did post-doctoral training in molecular biology at the Institut de Recherche Clinique de Montréal and Columbia University.

Mme Nemer est une chef de file dans le domaine de la cardiologie moléculaire; elle a découvert plusieurs gènes essentiels au développement et à la fonction normale du cœur. Ses travaux ont contribué à l'élaboration de tests diagnostiques pour la détection de l'insuffisance cardiaque et des causes génétiques liées aux maladies cardiaques congénitales. Elle a publié plus de 200 articles scientifiques largement cités et formé plus d'une centaine d'étudiants de divers pays.

Dr. Nemer is a leader in the area of molecular cardiology; she has discovered several genes essential for normal heart development and function. Her work has contributed to the development of diagnostic tests for heart failure and the genetics of cardiac birth defects. She has published more than 200 highly cited scientific articles and trained over 100 students from around the world.

Mme Nemer est membre de l'Ordre du Canada et de l'Académie des sciences de la Société royale du Canada, et chevalière de l'Ordre national du Québec et de l'ordre national du Mérite de la République française. Elle est également membre de l'American Association for the Advancement of Science et de

Dr. Nemer is a member of the Order of Canada, a fellow of the Academy of Sciences of the Royal Society of Canada, a knight of the Ordre national du Québec and a knight of the French Republic's Ordre national du Mérite. She is also a fellow of the American Association for the Advancement of Science, and a member of the American Academy of Arts and Sciences. She has also been awarded honorary doctorates from France, Finland and Lebanon.

l'American Academy of Arts and Sciences. En outre, elle est titulaire de doctorats honorifiques qui lui ont été décernés en France, en Finlande et au Liban.

En 2018, Mme Nemer a reçu la médaille d'or Arthur Wynne de la Société canadienne pour les biosciences moléculaires.

Roseann O'Reilly Runte est présidente-directrice-générale de la Fondation canadienne pour l'innovation. Précédemment, elle était présidente de la Carleton University, de l'Université Sainte-Anne, de la Victoria University, de l'Old Dominion University et Principale du Collège universitaire Glendon.

Elle a publié de nombreux écrits sur la littérature française et comparée et le développement économique et culturel. Écrivaine créative, elle a reçu un prix de poésie de l'Académie française.

Mme Runte a siégé à de nombreux conseils et commissions parmi lesquels figurent sa présidence de la Commission canadienne pour l'UNESCO, de la Fédération des sciences humaines du Canada, du conseil Fulbright Canada-U.S., du conseil de la Foundation for International Training, et sa vice-présidence du Musée Gardiner. Elle a aussi siégé au Bureau du Conseil du Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada, au Virginia Industrial National Development Authority, au Virginia Advanced Shipbuilding Integration Center, au conseil consultatif de SunGard SGT, au conseil de l'organisme sans but lucratif LifeNet Health, au comité consultatif du secteur privé Ontario-Québec, au conseil d'administration de la Banque nationale et au comité de direction de la Société royale du Canada.

Elle est récipiendaire de l'Ordre du Canada, et commandeur de l'Ordre de la Couronne du Royaume de la Belgique, membre de l'ordre national du Mérite de France. Elle a également reçu plusieurs doctorats honorifiques et des prix pour son travail en environnement ainsi que ses contributions sur les scènes communautaire et nationale.

In 2018, Dr. Nemer was awarded the Arthur Wynne Gold Medal by the Canadian Society for Molecular Biosciences.

Dr. Roseann O'Reilly Runte is President and CEO of the Canada Foundation for Innovation and has previously served as President of Carleton University, l'Université Sainte-Anne, Victoria University, Old Dominion University and Principal of Glendon College.

Author of numerous scholarly works in the fields of French, comparative literature, economic and cultural development, she is also a creative writer and has received a poetry prize from the Académie



Française.

Member of numerous boards and commissions, Dr. Runte has served as President of the Canadian Commission for UNESCO, President of the Humanities Federation of Canada, Chair of Fulbright Canada-U.S., Chair of the Board of the Foundation for International Training, Vice Chair of the Board of the Gardiner Museum, member of the executive committee of the Royal College of Physicians and Surgeons, member of the Virginia Industrial National Development Authority, the Virginia Advanced Shipbuilding Integration Center, the Advisory Board of SunGard SGT, the non-profit LifeNet Health Board, the Ontario-Québec Private Sector Advisory Committee, the National Bank, the Executive of the Royal Society.

She has been awarded the Order of Canada, the French Order of Merit, Commander of the Order of the Crown of King Leopold of Belgium, and a number of honorary degrees and prizes for her work on the environment, community and national service.

Antoine Petit, professeur des universités de classe exceptionnelle, a été nommé président-directeur général du CNRS le 24 janvier 2018.

Agrégé de mathématiques et docteur en informatique de l'université Paris Diderot, Antoine Petit est spécialiste de méthodes formelles, principalement à base de systèmes de transitions, pour la spécification et la vérification de systèmes parallèles en temps réel.

Enseignant-chercheur de 1984 à 2004, il a été assistant-agrégé à l'Université d'Orléans, maître de conférences à l'Université Paris-Sud puis professeur à l'École normale supérieure de Cachan en 1994.

De 2001 à 2003, Antoine Petit est directeur adjoint à la Direction de la Recherche du ministère, en charge des Mathématiques et des STIC.

En 2004 il est détaché au CNRS, d'abord comme directeur scientifique du département Sciences et technologies de l'information et de la communication puis comme directeur interrégional Sud-Ouest.

En 2006, il rejoint Inria pour diriger le centre de recherche Paris-Rocquencourt, avant d'être nommé directeur général adjoint. En 2014, il devient président-directeur général d'Inria.



Antoine Petit obtained a Master Degree in Mathematics from University Paris Sud (1981) and then "Agrégation de Mathématiques" (1982). He received his PhD in Computer Science from Paris Diderot University (1985).

He joined "Orléans" University as Assistant in 1984, then he worked in the "Paris Sud" University as « Maître de Conférences » in 1989.

In 1994, he joined ENS Paris - Saclay (formerly ENS de Cachan) as full Professor and became head of the Computer science department from 1995 to 2001.

In 2002, he has been appointed as Deputy Director of the French ministry of research directorate, in charge of mathematics, information and communication science. In 2004, he joined CNRS as Director of the Information & Communication Sciences and Technologies Department and then as Regional Director for South West of France.

In 2006, he was recruited by INRIA where he has been successively: center of Paris Research Director - Rocquencourt, deputy CEO in 2010 and then President and CEO in 2014.

Since January 2018, he is President and CEO of CNRS. Antoine Petit is « Chevalier de la Légion d'Honneur and Officier de l'Ordre National du Mérite ».

Joelle Pineau est membre du corps professoral au Mila, professeure agrégée et chercheuse boursière à la chaire de recherche William Dawson à la *School of Computer Science* de l'Université McGill, où elle codirige le *Reasoning and Learning Lab*. Elle est également codirectrice générale de *Facebook AI Research* et directrice du laboratoire de Facebook à Montréal, au Canada. Elle est titulaire d'un baccalauréat en sciences appliquées en ingénierie de l'Université de Waterloo, d'une maîtrise et d'un doctorat en robotique de la *Carnegie Mellon University*. Les recherches de la Dre Pineau portent sur le développement de nouveaux modèles et algorithmes pour la planification et l'apprentissage dans des domaines complexes partiellement observables. Elle travaille également sur l'application de ces algorithmes à des problèmes complexes en robotique, soins de santé, jeux et agents



Joelle Pineau is a faculty member at Mila and an Associate Professor and William Dawson Scholar at the School of Computer Science at McGill University, where she co-directs the Reasoning and Learning Lab. She is also co-Managing Director of Facebook AI Research, and the director of its lab in Montreal, Canada. She holds a BAsC in Engineering from the University of Waterloo, and an MSc and PhD in Robotics from Carnegie Mellon University. Dr. Pineau's research focuses on developing new models and

algorithms for planning and learning in complex partially-observable domains. She also works on applying these algorithms to complex problems in robotics, health care, games and conversational agents. She serves on the editorial board of the Journal of Artificial Intelligence Research and the Journal of Machine Learning Research and is Past-President of the International Machine Learning Society. She

conversationnels. Elle est membre du comité de rédaction du *Journal of Artificial Intelligence Research* et du *Journal of Machine Learning Research*. Elle fut également présidente de l'*International Machine Learning Society*. Elle fut lauréate de la bourse commémorative E.W.R. Steacie du CRSNG (2018), est membre de l'*Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI)*, membre de l'Institut canadien de recherches avancées (CIFAR), membre du Collège des nouveaux chercheurs et créateurs en art et en science de la Société royale du Canada et lauréate en 2019 du Prix du gouverneur général pour l'innovation.

Mme Kareen Rispal est Ambassadrice de France à Ottawa depuis le 22 juin 2017.

Élève de l'École nationale d'administration, elle intègre le ministère des affaires étrangères en 1986. Elle intègre en 1991 le cabinet de Bernard KOUCHNER, secrétaire d'Etat à l'action humanitaire en qualité de conseillère technique.

Sous-directrice du droit communautaire et du droit international économique à la Direction des affaires juridiques du ministère des Affaires étrangères, elle est ensuite nommée première conseillère à l'Ambassade de France à Londres.

Elle rejoint New York en 2006, tout d'abord en qualité de première conseillère à la mission permanente française auprès des Nations Unies, puis de conseillère culturelle à l'Ambassade de France aux États-Unis, représentante permanentes des universités françaises.

De retour en France, elle devient de 2011 à 2014 directrice du développement durable et des affaires publiques au sein du groupe Lafarge.

Directrice des Amériques et des Caraïbes de 2014 à juin 2017, Mme Kareen Rispal est également Haute fonctionnaire à l'Égalité femmes-hommes au sein du ministère des Affaires étrangères et siège à ce titre au Haut Conseil à l'égalité entre les femmes et les hommes.

Mme Rispal est mariée et mère de quatre enfants.

is a recipient of NSERC's E.W.R. Steacie Memorial Fellowship (2018), a Fellow of the Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI), a Senior Fellow of the Canadian Institute for Advanced Research (CIFAR), a member of the College of New Scholars, Artists and Scientists by the Royal Society of Canada, and a 2019 recipient of the Governor General's Innovation Awards.

Kareen Rispal is Ambassador of France in Ottawa since June 22, 2017.

Holding a Master's degree in Law and an alumnus of the École nationale d'administration, she joined the French Ministry of Foreign Affairs in 1986. She joined in 1991 the staff of Bernard Kouchner, the Secretary of State responsible for humanitarian aid, as his technical advisor.

From 1993 to 1997, she was head of the External and Commercial Relations Department of the Secretariat-General of the Interministerial Committee for European Economic Cooperation before becoming the European Affairs Policy Officer at the Centre d'analyse et de prevision (CAP).

As Deputy Director of European Community Law and International Economic Law at the Ministry of Foreign Affairs' Legal Affairs Directorate, she was then named First Counsellor at the Embassy of France in London.

She moved to New York in 2006, first as First Counsellor at France's Permanent Mission to the United Nations, then as Cultural Counsellor of the French Embassy and Permanent Representative of French universities in the United States.

Upon her return to France, from 2011 to 2014 she served as Director of Sustainable Development and Public Affairs with the Lafarge Group.

Serving as Director for the Americas and the Caribbean from 2014 to June 2017, Ms. Rispal is also the Senior Officer for Gender Equality with the Ministry of Affairs of Foreign Affairs and sits on the High Council for Equality between Men and Women.

Ms. Rispal is married and has four children.



Philippe Rodrigues-Rouleau est candidat au doctorat en communication à l'Université d'Ottawa. Ses intérêts de recherche portent sur les mutations du journalisme, l'éthique et la déontologie journalistique, de même que sur la communication interpersonnelle. Depuis 2018, il enseigne au Département de communication de l'Université d'Ottawa, et travaille comme assistant de recherche auprès de Professeure Martine Lagacé (Ph. D., Université d'Ottawa) sur la question du vieillissement de la main-d'œuvre, de l'âgisme et de la cohabitation intergénérationnelle en entreprise. Philippe a publié dans des revues savantes et présenté des communications lors de conférences tant ici qu'en Europe. Il a auparavant obtenu ses diplômes de baccalauréat et de maîtrise de l'Université Laval, et étudié deux semestres à l'étranger (à Edinburgh Napier University, au Royaume-Uni, et à l'Université catholique de Louvain, en Belgique). Philippe est boursier du Fonds de recherche du Québec - Société et Culture et récipiendaire de la Bourse d'études supérieures de l'Ontario.



Philippe Rodrigues-Rouleau is a Ph.D. candidate in communication at the University of Ottawa. His research interests revolve on journalistic mutations, journalism ethics, and interpersonal communication. Since 2018, Philippe has been teaching for the Department of Communication of the University of Ottawa, and acting as a research assistant for Dr. Martine Lagacé (University of Ottawa) on multiple projects about the aging of the workforce, ageism, and intergenerational cohabitation in the workplace. Philippe has published in peer-reviewed journals and presented communications during conferences here and in Europe. He is a graduate of Laval University (B.A. and M.A.), and studied abroad for two semesters (at Edinburgh Napier University, in the UK, and at Université catholique de Louvain, in Belgium). Philippe holds the Fonds de recherche du Québec - Société et Culture grant and the Ontario Graduate Scholarship.

Marie-Eve Sylvestre est doyenne et professeure titulaire à la Section de droit civil de l'Université d'Ottawa. Ses travaux de recherche portent sur la judiciarisation et la pénalisation de la pauvreté et des conflits sociaux liés à l'itinérance, le travail du sexe, l'usage d'alcool et de drogues et la dissidence politique. Elle s'intéresse aussi aux mesures de rechange à la criminalisation, notamment en contexte autochtone. Elle est l'auteure de nombreuses publications en droit, criminologie et géographie. Son livre *Red Zones: Criminal Law and the Territorial Governance of Marginalized People*, co-rédigé avec Nicholas Blomley et Céline Bellot, paraîtra sous peu à Cambridge University Press (2020).



Marie-Eve Sylvestre is Dean and Full Professor at the Civil Law Section of the University of Ottawa. Her research focuses on the regulation and criminalization of poverty and social conflicts related to public spaces, including homelessness, street-level sex work and drug use and political dissent. She is also interested in alternative responses to criminalization, in particular in the Indigenous context. She has published extensively in law, criminology and geography. Her book, *Red Zones: Criminal Law and the Territorial Governance of Marginalized People*, co-authored with Nicholas Blomley and Céline Bellot, is forthcoming at Cambridge University Press (2020).

Titulaire d'un doctorat en droit (S.J.D.) de l'Université Harvard, la professeure Sylvestre a été directrice des études supérieures à la Faculté de droit de l'Université d'Ottawa de 2010 à 2012 et vice-doyenne à la recherche et aux communications à la Section de droit civil de 2014 à 2017. Entre 2016 et 2019, elle a agi à titre d'experte en matière de justice auprès de la Commission d'enquête sur les relations

Professor Sylvestre has a S.J.D. from Harvard Law School. She was the Director of Graduate Studies at the Faculty of Law of the University of Ottawa in 2010-2012 and the Vice-Dean, Research and Communications from 2014 to 2017 at the Civil Law Section. From 2016 to 2019, she acted as the justice expert for the Public Inquiry Commission into the Relationships between Indigenous People and certain public services in Quebec: listening, reconciliation,

entre les Autochtones et certains services publics au Québec: écoute, réconciliation, progrès (CERP). La professeure Sylvestre est également membre du Barreau du Québec, de la *Global Young Academy* et du Collège de nouveaux chercheurs et créateurs en art et en science de la Société royale du Canada.

progress (CERP). Professor Sylvestre is a member of the Quebec Bar, the Global Young Academy and the College of New Scholars, Artists and Scientists of the Royal Society of Canada.

Le **Dr Denis Thérien** s'est récemment joint à l'entreprise montréalaise montante Element AI en tant que vice-président - Recherche et partenariats. Il occupait auparavant, et ce depuis 2011, un poste similaire à CIFAR (Institut canadien de recherches avancées), après avoir été vice-principal à la recherche et aux relations internationales à l'Université McGill de 2005 à 2010. Le Dr. Thérien a également été chercheur et professeur à l'université McGill pendant 40 ans, avant de prendre ses nouvelles fonctions.



Dr. Denis Thérien joined the Montréal start-up Element AI as Vice-President Research and Partnerships. He was previously occupying a similar position at CIFAR (Canadian Institute for Advanced Research) since 2011, after serving as Vice Principal of Research and International Relations at McGill University, from 2005 to 2010. Dr. Thérien was also a researcher and a Professor at McGill for 40 years, before taking his new role.

Le Dr. Thérien a obtenu son B.Sc. de l'Université de Montréal; M.Sc. et Ph.D. de l'Université de Waterloo. Il a commencé sa carrière à McGill en 1978 et a été nommé directeur de l'École d'informatique en 1997. Le Dr. Thérien a été titulaire de la chaire James McGill en 2002 et a reçu le Forschungsreise (prix de la recherche) de la Fondation Alexander Von Humboldt en 2000. Il a publié plus de 100 articles de recherche sur la complexité informatique dans des revues de premier plan et est un conférencier émérite et respecté.

Dr. Thérien received his B.Sc. from the Université de Montréal; M.Sc., and Ph.D. from the University of Waterloo. He began his career at McGill in 1978, and was appointed Director of the School of Computer Science in 1997. Dr. Thérien was awarded a James McGill Chair in 2002 and the Forschungsreise (research prize) from the Alexander Von Humboldt Foundation in 2000. He has published over 100 research articles on computational complexity in top-tier journals and is a respected expert conference speaker.

Déclarations des académies des sciences du G7



Statements of the G7 Science Academies



INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET SOCIÉTÉ
ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SOCIETY



LA SCIENCE CITOYENNE À L'ÈRE DE L'INTERNET
CITIZEN SCIENCE IN THE INTERNET ERA



SCIENCE ET CONFIANCE
SCIENCE AND TRUST



Version de courtoisie

Intelligence artificielle et société

Résumé et recommandations

L'intelligence artificielle (IA) est l'une des technologies qui transforme notre société et de nombreux aspects de notre vie quotidienne. L'IA a déjà procuré de nombreux avantages et elle pourrait être une source de prospérité économique considérable. Elle soulève également des questions sur l'emploi, la confidentialité des données, la vie privée, la violation des valeurs éthiques et la confiance dans les résultats.

Les décideurs politiques devraient encourager la prise en compte des points suivants qui devraient également mobiliser les scientifiques :

- **Une gestion prudente est nécessaire pour aider à partager les bénéfices de l'IA dans l'ensemble de la société.** Pour cela, il faudra porter une attention particulière à l'impact de l'IA sur l'emploi, qui sera à son tour influencé par une série de facteurs, notamment des aspects politiques, économiques et culturels, ainsi que par les progrès des technologies d'IA.
- **Les systèmes et les données d'IA doivent être fiables.** Cela devrait être facilité par des mesures portant sur la qualité, l'absence de biais et la traçabilité des données. Bien que cela puisse être encore facilité en rendant les données plus accessibles, les données à caractère personnel ne devraient pas être mises à la disposition de tiers non autorisés.
- **Les systèmes et les données d'IA doivent être sûrs et sécurisés.** Ceci est essentiel dans le cas d'applications qui impliquent une vulnérabilité humaine et qui peuvent nécessiter des systèmes dont il est prouvé qu'ils sont corrects.
- **Des recherches sont nécessaires pour aider à mettre au point des systèmes d'IA explicables.** Lorsque des décisions importantes suggérées par l'IA ont une incidence sur des personnes, les individus concernés devraient recevoir une information suffisante et être autorisés à contester ces décisions (par exemple refuser un traitement ou faire appel d'une décision).
- **Des connaissances dans de nombreux domaines sont nécessaires pour tirer le maximum de bénéfices sociétaux de l'IA.** La recherche interdisciplinaire devrait porter sur divers domaines tels que les sciences de la nature, les sciences de la vie et les sciences médicales, l'ingénierie, la robotique, les sciences humaines, les sciences économiques et sociales, l'éthique, l'informatique et l'IA elle-même.
- **Les citoyens doivent être prêts à l'IA.** Un éventail de possibilités de formation et d'information sur l'IA devrait être mis à leur disposition et un dialogue bien fondé avec les citoyens devrait être engagé pour démystifier ce domaine.
- **Un débat de politique publique portant sur l'utilisation destructive/militaire de l'IA devrait être encouragé.** Les engagements internationaux limitant les risques liés aux armes autonomes devraient être examinés par les organes compétents de l'ONU.

■ **Les échanges de talents et la coopération entre la recherche publique et le secteur privé devraient être encouragés.** Ils faciliteraient le déploiement sûr et rapide d'applications dans des domaines présentant un grand intérêt pour l'homme. La collaboration est importante pour la collecte à grande échelle de données essentielles au développement de systèmes d'IA.

Introduction

L'IA fait référence à un ensemble de méthodes et de technologies visant à faire fonctionner intelligemment des ordinateurs ou d'autres dispositifs. L'IA consiste essentiellement en un ensemble d'algorithmes fonctionnant sur des données (généralement volumineuses). L'apprentissage machine (ML) est un sous-ensemble de l'IA qui traite des algorithmes d'extraction d'informations utiles, à partir de données complexes. Les applications de l'apprentissage machine ont eu récemment un impact inattendu dans de nombreux domaines de la science et de la technologie. Il existe un large consensus sur la progression régulière de la recherche sur l'IA et sur l'augmentation probable de son impact sur le futur de la société.

Le développement de systèmes algorithmiques sophistiqués, combiné à la disponibilité des données et à la puissance de traitement, a conduit à des résultats remarquables pour une série de tâches spécialisées telles que la reconnaissance vocale, la classification d'images, la détection de défauts, les véhicules autonomes, les systèmes d'aide à la décision, la robotique, la traduction automatique, la locomotion de robots humanoïdes, et les systèmes automatiques de réponse aux questions. Certaines de ces applications fournissent des outils de soutien extrêmement précieux pour les personnes handicapées. Grâce à des interfaces cerveau-machine, les individus paralysés peuvent interagir avec leur environnement au moyen d'un ordinateur.

Dans le domaine des sciences de la nature et dans celui des sciences sociales, les algorithmes d'apprentissage machine permettent des progrès et fournissent de nouveaux outils pour le traitement et la modélisation de données et de processus complexes, avec d'énormes avantages potentiels. Étant donné qu'une grande partie de ce que la civilisation a à offrir est issue de l'intelligence humaine, nous ne pouvons qu'imaginer ce qui pourrait être accompli lorsque cette intelligence sera amplifiée par les outils que l'IA peut fournir.

Il y a toutefois un certain nombre de questions et d'inquiétudes sur des écueils potentiels qui méritent un examen plus approfondi.

Les progrès de la recherche sur l'IA permettent de concentrer les efforts non seulement sur l'amélioration des capacités de l'IA, mais aussi sur la maximisation de ses bénéfices pour la société tout en respectant les valeurs éthiques. Le déploiement et l'évolution technique de l'IA devraient donc être guidés par des considérations éthiques. On craint de plus en plus que des biais puissent être générés par les systèmes d'IA fondés sur l'analyse de données statistiques et l'apprentissage automatique.

Dans ce contexte général, on traitera en premier lieu les problèmes posés par l'impact économique transformatif de l'IA. Puis, dans un deuxième temps des propriétés générales dont les systèmes d'IA devraient disposer pour interagir de façon satisfaisante et éthique avec les humains. On abordera ensuite des questions plus spécifiques liées à l'utilisation des systèmes d'IA dans le domaine de la santé, des questions soulevées par d'éventuelles applications de l'IA à des systèmes d'armes autonomes, et on considèrera le potentiel de l'IA intégrée dans les systèmes robotiques. Cette analyse conduit à un ensemble de recommandations rassemblées dans le résumé de ce document.

1. Gérer et optimiser l'impact de l'IA sur nos sociétés

Les économistes et les informaticiens s'accordent généralement pour dire qu'il faut faire de la recherche afin de maximiser les bénéfices économiques de l'IA tout en en atténuant les effets négatifs. A ce stade, il est important de considérer l'impact possible de l'IA en termes d'accroissement des inégalités, de chômage et de comportements non éthiques. Ces questions en suspens sont examinées plus en détail dans ce qui suit.

1.1 Prévisions du marché du travail

L'IA pourrait apporter des avantages économiques importants : dans tous les secteurs, les technologies de l'IA offrent la promesse d'accroître la productivité et de créer de nouveaux produits et services. Ce potentiel soulève des questions sur l'impact de l'IA sur l'emploi et la vie professionnelle.

L'IA aura probablement un effet perturbateur considérable sur le travail, certains emplois seront perdus, d'autres seront créés et d'autres enfin seront en mutation. Les études de projections sur l'impact de l'IA sur l'emploi comportent un degré élevé d'incertitude quant à la vitesse des changements et à la proportion des tâches ou des emplois susceptibles d'être automatisés.

A plus long terme, les technologies contribueront à accroître la productivité et la richesse de la population. Toutefois, ces avantages peuvent prendre du temps à se manifester, et on peut vivre des périodes au cours desquelles une partie de la population n'éprouvera que les inconvénients. Cela donne à penser que des effets transitoires importants pourraient apparaître et entraîner des perturbations pour certaines personnes ou certains lieux, et potentiellement aggraver les inégalités sociales à court terme. Il est clairement nécessaire de mener des recherches pour anticiper l'impact économique et sociétal d'une telle disparité, en tenant compte de la vulnérabilité des emplois à l'automatisation. Il sera plus facile d'analyser l'impact des systèmes d'IA sur divers types d'emplois, ceux qui nécessitent des travailleurs peu qualifiés et ceux qui ont besoin de professionnels hautement qualifiés, que de prévoir les emplois qui pourraient être créés à l'avenir dans le cadre de politiques diverses.

Il existe un certain nombre de pistes plausibles pour le développement futur des technologies de l'IA. Une série de facteurs joueront un rôle dans la détermination de l'impact de l'IA sur l'emploi, y compris des éléments politiques, économiques et culturels, ainsi que les capacités des technologies de l'IA. L'utilisation des meilleures données de recherche disponibles dans toutes les disciplines peut aider à élaborer des politiques qui feront partager les avantages de ces changements technologiques à l'ensemble de la société.

1.2 Politiques de gestion et d'intégration du développement de l'IA dans la société

L'IA aura un impact important sur toute une série de secteurs de la société, en augmentant ou en remplaçant le travail humain. Le défi consiste à anticiper ces changements et à élaborer des politiques qui limiteront les effets négatifs et permettront une meilleure intégration de l'IA. L'éducation est essentielle à la fois pour favoriser l'adoption de l'IA et pour lutter contre les inégalités.

Une compréhension de base de l'utilisation des données et des technologies d'IA est nécessaire à tous les âges, non seulement pour les producteurs et les utilisateurs professionnels de l'IA, mais aussi pour tous les citoyens. L'introduction de concepts clés dans les écoles peut aider à y parvenir. L'adoption d'un programme d'études large et équilibré pour l'éducation des jeunes dans les domaines des sciences, des mathématiques, de l'informatique, des arts et des sciences humaines pourrait leur permettre d'acquérir un large éventail de compétences et fournir une base plus solide pour l'apprentissage tout au long de la vie.

Il y a aussi une forte demande de recrutement de personnes hautement qualifiées. De nombreux secteurs et de professions nécessiteront des compétences pour utiliser de l'IA d'une manière qui leur soit utile. De nouvelles initiatives peuvent aider à créer un ensemble d'utilisateurs avertis des systèmes d'IA. Il est également nécessaire de soutenir de nouvelles filières d'apprentissage et des infrastructures pour développer des compétences avancées en IA qui permettront de nouvelles applications et la création en nombres de nouveaux emplois.

Ces questions faisaient déjà partie de la déclaration d'Ottawa rédigée lors du dernier sommet du G7 « Réaliser notre avenir numérique et façonner son impact sur le savoir, l'industrie et la main-d'œuvre ». Les gouvernements sont encouragés à mettre en œuvre des politiques qui seront inclusives et capables de fournir à chaque citoyen un accès équitable aux prestations de l'IA. Cela suppose que la qualité, la sécurité et la résilience de l'information soient également garanties, de même que la transparence, l'ouverture et l'interopérabilité des systèmes d'IA.

Dans les domaines où les capacités de l'IA ont dépassé la réglementation actuelle, il pourrait être nécessaire d'adopter de nouvelles approches de gouvernance qui tiennent compte des questions éthiques soulevées par l'interaction humaine avec des machines intelligentes. Il convient de souligner le rôle des sciences humaines et sociales en général et du partenariat avec les concepteurs et les utilisateurs pour explorer les façons dont l'IA peut remettre en question les normes éthiques existantes ou pour identifier les nouveaux défis éthiques de l'intelligence artificielle.

2. Caractéristiques des systèmes d'IA qui devraient être encouragées

2.1 Données

Notre capacité à tirer pleinement parti de la synergie entre l'IA et les données massives dépendra en partie de notre capacité à acquérir, évaluer de façon critique et gérer les données. Une grande partie de la technologie actuelle de l'IA nécessite l'accès à d'énormes volumes de données. Pour tirer pleinement parti de ces technologies, de nouveaux cadres réglementaires peuvent être nécessaires pour que les données soient disponibles. C'est notamment le cas des données ouvertes et des données privées d'intérêt public, pour lesquelles de nouvelles normes pourraient s'avérer nécessaires afin de garantir une utilisation efficace des données. Il faudra par exemple, s'efforcer de rendre explicite la signification des données, ainsi qu'une représentation du contexte dans lequel elles ont été obtenues et des informations sur leur origine et leur traitement. Toutes ces questions peuvent être abordées par des techniques d'IA, qui peuvent donc être importantes pour tenir les multiples promesses des données ouvertes et assurer l'interopérabilité entre différents types, par exemple, sociaux, économiques, organisationnels et techniques.

Dans le même temps, l'accès à des ensembles de données de haute qualité devrait respecter la vie privée et la confidentialité des données personnelles et répondre aux préoccupations concernant les biais injustifiés et le respect des droits individuels. Tout doit être mis en œuvre pour que l'accès aux données confidentielles par des tiers tels que les banques, les compagnies d'assurance, les employeurs potentiels soit régi par des réglementations. Les ensembles de données doivent être protégés contre les attaques malveillantes. Des politiques régissant la collecte, le partage et l'accès aux données devraient être en place non seulement pour les grandes entreprises, mais aussi pour les initiatives « open source ».

2.2 Rendement et possibilité d'explication

Certains des développements les plus réussis et les plus populaires de l'IA - notamment l'apprentissage approfondi - souffrent actuellement de faibles niveaux d'explicabilité et différentes méthodes d'IA demandent divers types d'explicabilité, ce qui pourrait, dans certains cas, réduire la confiance que les utilisateurs accordent à de tels outils. Certains domaines requièrent des explications : dans les applications médicales, un diagnostic sans explication a peu de chances d'être acceptable. Les compromis entre la performance et l'explicabilité devraient être explicités tout en visant à développer des modèles plus explicables. Les limites des algorithmes implémentés doivent être décrites pour permettre aux utilisateurs de comprendre les raisons des décisions proposées par les systèmes d'IA.

L'amélioration de l'explicabilité de l'IA peut aider à s'assurer que le système d'IA n'introduit pas de biais. L'impact différencié (« disparate impact ») est apparu comme étant le concept juridique et théorique prédominant utilisé pour désigner la discrimination involontaire produite par l'application d'algorithmes lorsqu'un attribut personnel (comme l'origine ethnique, sociale, le sexe et l'âge) a un effet direct sur les décisions prises par l'algorithme. Les systèmes d'IA utilisés pour prendre des décisions qui ont un impact profond sur la vie quotidienne des gens ne devraient pas générer un impact différencié indésirable.

2.3 Vérification et validation des systèmes évolutifs en ligne

Les systèmes en ligne évoluent dans le temps en fonction des données qu'ils traitent en permanence. Il est récemment apparu clairement qu'un système d'IA peut s'éloigner de son état initial d'une manière non souhaitée, par exemple pour le genre et la race. L'évolution des systèmes en ligne nécessite donc une surveillance de leur production pour éventuellement détecter des évolutions indésirables.

3. Domaines d'application exemplaires et conséquences sociétales

3.1 Applications dans le domaine des soins de santé

L'IA offre des avantages potentiels importants dans les systèmes qui étayent la prise de décisions en matière de santé et de soins. Les problèmes structurels dans ce domaine peuvent conduire à des erreurs de diagnostic, à une défaillance éventuelle de l'expertise et à une communication inefficace de l'information entre le monde de la recherche, de l'ingénierie et le monde clinique. L'IA peut aider à évaluer d'énormes quantités de publications de recherche, à repérer les corrélations improbables et faibles dans d'énormes ensembles de données, à analyser les images et autres données produites par les systèmes de santé et à développer de nouvelles technologies. En raison de l'importance vitale de l'amélioration des systèmes d'aide à la décision clinique, l'IA peut contribuer de manière significative à aider les cliniciens en leur fournissant une gamme d'outils et de dispositifs pour les assister et compléter la prise de décision concernant le diagnostic et les options thérapeutiques. L'objectif consiste à améliorer l'interprétation des observations et des mesures, de produire des diagnostics et de rendre les soins de santé plus précis, efficaces et accessibles. Cela nécessite une conception soignée du système, en tenant compte de la manière dont l'IA peut fonctionner aux côtés des utilisateurs humains, du type d'interprétabilité qui pourrait être nécessaire dans différents contextes, et des façons dont ces systèmes peuvent être vérifiés et validés. Il sera important que les médecins et les patients puissent avoir confiance en de tels systèmes et que ces systèmes fonctionnent bien pour divers groupes d'utilisateurs.

Une gouvernance prudente des données est également nécessaire. Il est dans l'intérêt des citoyens de tous les pays de collaborer entre eux pour accélérer les progrès grâce à l'IA.

3.2 Armes autonomes

L'IA ouvre de nouvelles possibilités d'applications militaires, notamment en ce qui concerne les systèmes d'armes dotés d'une autonomie importante dans les fonctions critiques de sélection et d'attaque des cibles. De telles armes autonomes pourraient conduire à une nouvelle course aux armements, abaisser le seuil de déclenchement d'une guerre ou devenir un outil pour les oppresseurs ou les terroristes. Certaines organisations appellent à l'interdiction des armes autonomes, à l'instar des conventions dans le domaine des armes chimiques ou biologiques. Une telle interdiction nécessiterait une définition précise des armes et de leur autonomie. En l'absence d'une interdiction des systèmes d'armes létales autonomes (LAWS), la conformité de tout système d'armes avec le droit international humanitaire devrait être garantie. Ces armes devraient être intégrées dans les structures de commandement et de contrôle existantes de manière à ce que la responsabilité et l'obligation légale de rendre des comptes restent associées à des acteurs humains spécifiques. Il y a un besoin évident de transparence et de débat public sur les questions soulevées dans ce domaine.

3.3 Robotique

Les robots sont des machines dotées de senseurs et de moyens de déplacement qui incarnent l'IA. Le contact physique de la machine avec l'environnement, y compris l'homme, est un défi. Les robots doivent être sûrs, fiables et sécurisés. Jusqu'à récemment, les robots étaient principalement utilisés dans l'industrie manufacturière et confinés à des situations spécifiques sans partager l'espace avec les humains. Aujourd'hui, après la deuxième vague de développement de la robotique, les robots peuvent de plus en plus partager le même espace et interagir avec les humains. Alors que les applications d'intelligence artificielle se concentrent sur les technologies qui traitent les données pour en tirer des connaissances utiles à la prise de décision, le but ultime de la robotique est de créer des systèmes techniques capables d'interagir avec le monde physique.

Outre l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage machine, la robotique est confrontée à des contraintes fondamentales en termes de sécurité physique. La conception de la robotique nécessite une certification logicielle et une vérification formelle pour maximiser la tolérance aux pannes, la fiabilité et la capacité de survie.

Malgré les progrès récents, les attentes en matière de progrès surestiment souvent le rythme de l'évolution technologique.

Enfin, dans l'imaginaire populaire, la robotique et plus généralement l'IA sont influencées par des récits issus de la littérature fantastique plutôt que par des preuves scientifiques. Il est important de démystifier et de diffuser la robotique et la science de l'IA en s'engageant dans l'éducation publique, la discussion et le débat avec tous les citoyens.



Artificial intelligence and society

Executive summary and recommendations

Executive summary and recommendations

Artificial intelligence (AI) is one of the technologies that is transforming our society and many aspects of our daily lives. AI has already provided many positive benefits and may be a source of considerable economic prosperity. It also gives rise to questions about employment, confidentiality of data, privacy, infringement of ethical values and trust in results.

Policy makers should encourage and scientists should commit to:

- **Careful stewardship is necessary to help share the benefits of AI across society.** This will require close attention to the impact of AI on employment which will be in turn shaped by a range of factors including political, economic, and cultural elements, as well as progress in AI technologies.
- **AI systems and data should be trustworthy.** This should be facilitated through measures addressing the quality, lack of bias and traceability of data. While this can be further aided by making the data more accessible, personal data should not be made available to unauthorized parties.
- **AI systems and data should be safe and secure.** This is essential in the case of applications that involve human vulnerability and may require provably correct systems.
- **Further research is needed to help develop explainable AI systems.** When important decisions are suggested by AI impacting people, those concerned should be given sufficient information and be allowed to challenge the decisions (e.g., refuse a treatment or appeal a decision).
- **Insights from many fields are needed in order to maximize the societal benefits of AI.** Interdisciplinary research should involve diverse fields such as natural, life and medical sciences, engineering, robotics, humanities, economic and social sciences, ethics, computer science and AI itself.
- **Citizens need to be AI-ready.** A range of AI educational opportunities and information should be available and a well-founded dialogue with citizens is required to demystify this field.
- **Public policy debate on the destructive/military usage of AI should be promoted.** International undertakings limiting the risks of autonomous weapons should be considered by the relevant UN body.
- **Talent exchanges and cooperation between public research and private sector should be encouraged.** This would facilitate safe and rapid deployment of applications in areas of great human benefit. Collaboration is important for large-scale collection of data that are crucial for developing AI systems.

Introduction

AI refers to a set of methods and technologies aimed at making computers or other devices function intelligently. AI is basically a collection of algorithms operating on (usually big) data. Machine Learning (ML) is a subset of AI which deals with algorithms extracting useful information from complex data. ML applications have recently made an unanticipated impact in many areas of science and technology. There is broad consensus that AI research is progressing steadily, and that its impact on society will likely increase in the future.

The development of sophisticated algorithmic systems, combined with the availability of data and processing power, has yielded remarkable successes in various specialized tasks such as speech recognition, image classification, fault detection, autonomous vehicles, decision support systems, robotics, machine translation, legged locomotion, and question-answering systems. Some of these applications are providing extremely valuable support tools for people with disabilities. Using brain-machine interfaces, paralyzed people can interact with their environment through a computer.

Within natural and social sciences, machine learning algorithms are enabling progress and providing new tools for handling and modeling of complex data and processes, with huge potential benefits. Since a large part of what civilization has to offer is a product of human intelligence, we can only imagine what might be achieved when this intelligence is magnified by the tools AI may provide.

There is however a number of questions and concerns about potential pitfalls that require further consideration.

Progress in AI research makes it timely to focus efforts not only on making AI more capable, but also on maximizing its societal benefits while respecting ethical values. The deployment and technical developments of AI should therefore be guided by ethical considerations. Concerns are rising that biases may result from AI systems relying on statistical data analysis and machine learning.

In this general context, we first address the problems posed by AI's transformative economic impact. Second, we address the general properties that AI systems should have in order to interact satisfactorily and ethically with humans. We then address more specific issues related to the use of AI systems in healthcare, questions raised by possible AI applications to autonomous weapon systems, and consider the potential of AI embedded in robotics systems. This analysis gives rise to a set of recommendations gathered in the executive summary.

1. Managing and optimizing AI's impact on our Societies

There is a general agreement between economists and computer scientists that research needs to be done in order to maximize the economic benefits of AI while mitigating adverse effects. At this stage, it is important to consider the possible impact of AI in terms of increased inequality, unemployment and unethical behaviors. These outstanding issues are examined in further detail in what follows.

1.1 Labor market forecasting

AI could bring about significant economic benefits: across sectors, AI technologies offer the promise of boosting productivity and creating new products and services. This potential raises questions about the impact of AI on employment and working life.

AI will likely have a considerable disruptive effect on work, with certain jobs being lost, others being created, and others changing. Studies that make projections about the impact of AI on employment have high degrees of uncertainty about the rate of change, and the proportion of tasks or jobs that might be likely to be automated.

In the longer-term, technologies contribute to increased population-level productivity and wealth. However, these benefits can take time to emerge, and there can be periods in the interim where parts of the population experience dis-benefits. This suggests there may be significant transitional effects causing disruption for some people or places, and potentially widening societal inequalities in the short term. There is clearly a need for research anticipating the economic and societal impact of such

disparity, taking into account vulnerability of jobs to automation. It will be easier to analyze the impact of AI systems on various kinds of jobs, those requiring lower skilled workers and those needing highly trained professionals, than to predict the jobs that may be created in the future under various policies. There are a number of plausible future paths along which AI technologies might develop. A range of factors will play a role in shaping the impact of AI on employment, including political, economic, and cultural elements, as well as the capabilities of AI technologies. Using the best available research evidence from across disciplines can help develop policies that share across society the benefits of these technology-enabled changes.

1.2 Policies for managing and integrating AI development in society

AI will have an important impact on a range of sectors in society, augmenting or replacing human work. The challenge is to anticipate these changes and develop policies that will limit negative effects and allow a better integration of AI. Education is key both in driving AI adoption and in combating inequality.

Basic understanding of the use of data and AI technologies is needed across all ages, not only of producers and professional users of AI but for all citizens. Introducing key concepts in schools can help ensure this. Adopting a broad and balanced curriculum for educating young people in sciences, mathematics, computing, arts and humanities could equip them with a range of skills and provide a stronger basis for lifelong learning.

There is also high-demand for highly skilled employees. A range of sectors and professions will require skills to use AI in ways that are useful for them. New initiatives can help create a pool of informed users of AI systems. Support for novel apprenticeship tracks and infrastructures is also needed to build advanced skills in AI that will allow new applications with the creation of many new jobs.

These issues were already part of the declaration of Ottawa on "Realizing our digital future and shaping its impact on knowledge, industry, and the workforce" at the last G7 summit. Governments are encouraged to implement policies that will be inclusive and able to provide every citizen with equitable access to the AI benefits. This requires that information quality, security and resilience are also guaranteed as well as transparency, openness and interoperability of the AI systems.

In those areas where AI's capabilities have outpaced current regulations, there may be a need for new governance approaches that take into account ethical questions arising from human interaction with intelligent machines. It is worth emphasizing the role of humanities and social sciences broadly and in partnership with developers and users in exploring the ways in which AI may challenge existing ethical norms or indeed reveal the ways in which AI presents new ethical challenges.

2. Features of AI systems that should be encouraged

2.1 Data

Our ability to take full advantage of the synergy between AI and big data will depend in part on our capacity to acquire, critically assess and manage data. Much of the current AI technology requires access to huge volumes of data. To take full advantage of the technology, new frameworks may be necessary to make data available. This is notably true for open data and for private data of public interest where new standards might be necessary to help ensure that data can be used effectively. For example, an effort will be needed to make the meaning of data explicit, together with a representation of the context in which they have been derived, and the information about their origin and their processing. All these issues can be addressed by AI techniques, that can thus be important for keeping the many promises of open data, and providing interoperability between different types, e.g., social, economic, organizational, and technical.

At the same time, access to high quality datasets should respect privacy and confidentiality of personal data and address concerns about unfair-biases and individual rights. The best possible efforts should be made in order that access to confidential data by third parties like banks, insurance companies, potential employers is governed by regulations. Datasets must be protected against malicious attacks. Policies governing data collection, sharing and access should be in place not only for large companies but also for open source initiatives.

2.2 Performance and explainability

Some of the most successful and popular developments of AI - notably deep learning - suffer from low levels of explainability at present, and different AI methods support different types of explainability. In some cases, this might reduce the confidence that users can have in such tools. Certain domains consider explanations as essential: in medical applications, a diagnosis without explanation is unlikely to be acceptable. The tradeoffs between performance and explainability should be made explicit while aiming at developing more explainable models. The limitations of the implemented algorithms need to be described to allow users to understand the reasons for the decisions proposed by AI systems. Improving the explainability of AI can help ensure that the AI system does not introduce biases. Disparate impact has emerged as the predominant legal and theoretical concept used to designate unintended discrimination produced by the application of algorithms where a personal attribute (like ethnicity, social origins, gender and age) has a direct effect on the decisions made by the algorithm. AI systems used to make decisions which have a deep impact on the everyday life of people should not generate an undesirable disparate impact.

2.3 Verification and validation of on-line evolving systems

On-line evolving systems change in time based on the data they continuously encounter. It has recently become clear that an AI system can drift away from its initial state in an undesired fashion, for example with respect to gender and race. On-line evolving systems therefore require monitoring of the output to eventually detect undesired evolutions.

3. Exemplary fields of application and societal consequences

3.1 Health care applications

AI offers significant potential benefits in systems that support decision-making in health and care. Structural problems in this field can lead to diagnostic errors, possible failure of expertise and inefficient communication of information between research, engineering and clinical worlds. AI can help assess huge amounts of research publications, spot unlikely and weak correlations in huge data sets, analyze images and other data produced by the healthcare systems and develop new technologies. Because of the vital importance of improving clinical decision support systems, AI may contribute significantly to helping clinicians with a range of tools and devices for assisting, and complementing decision making regarding diagnosis and therapeutic options. The goal is improvement in interpreting observations and measurements, in producing diagnoses, and in making health care more accurate, effective and accessible. This requires careful system design, taking into account how AI can work alongside human users, the type of interpretability that might be necessary in different contexts, and the ways in which such systems can be verified and validated. It will be important that physicians and patients can be confident in such systems, and that these systems work well for diverse user groups.

Careful data governance is also necessary. Collaborations across countries to accelerate advances through AI is in the interest of citizens in all countries.

3.2 Autonomous weapons

AI opens new possibilities for military applications, particularly with regard to weapon systems with significant autonomy in the critical functions of selecting and attacking targets. Such autonomous weapons might lead to a new arms race, lower the threshold for war or become a tool for oppressors or terrorists. Some organizations call for a ban on autonomous weapons, similar to conventions in the chemical or biological weapons realm. Such a prohibition would require a precise definition of weapons and autonomy. In the absence of a ban on Lethal Autonomous Weapons Systems (LAWS), the compliance of any weapon system with International Humanitarian Law should be guaranteed. These weapons should be integrated into existing command and control structures in such a way that responsibility and legal accountability remain associated with specific human actors. There is a clear need for transparency and public discussion of issues raised in this area.

3.3 Robotics

Robots are sensing and moving machines embodying AI. The physical contact of the machine with the environment, including humans, is a challenge. Robots should be safe, reliable and secure. Until recently, robots were mainly used in manufacturing industry and confined to specific situations without

sharing space with humans. Today following the second wave of robotics development, robots can increasingly share the same space and interact with humans. While AI applications are focused on technologies that process data to derive knowledge for decision making, the ultimate goal of robotics is to create technical systems with capacities to interact with the physical world.

In addition to using machine learning algorithms, robotics faces fundamental constraints in terms of physical safety. Robotics design requires software certification and formal verification to maximize fault tolerance, reliability, and ability to survive.

Despite recent advancements, the expectations of progress often over estimate the pace of technological change.

Finally, in popular imagination, robotics and more generally AI are influenced by fantasy narratives rather than by scientific evidence. It is important to demystify and disseminate robotics and AI science by engaging in public education, discussion and debate with all citizens.

**Royal Society
Canada**



Chad Gaffield

**Académie des sciences
France**



Pierre Corvol

**Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina
Germany**



Jörg Hacker

**Accademia Nazionale dei Lincei
Italy**



Giorgio Parisi

**Science Council
Japan**



Juichi Yamagiwa

**Royal Society
United Kingdom**



Venkatraman «Venki» Ramakrishnan

**National Academy of Sciences
United States of America**



Marcia McNutt



Version de courtoisie

La science citoyenne à l'ère de l'Internet

Résumé exécutif

La science citoyenne, définie comme étant « la science menée par des citoyens qui ne sont pas des scientifiques professionnels », évolue rapidement, du fait de la démocratisation du savoir, de l'avènement des nouvelles technologies de communication, et d'un accès plus ouvert à l'information que dans le passé.

La première composante de la science citoyenne du XXI^e siècle est la « recherche participative¹ » qui existe depuis longtemps. La recherche participative est effectuée par des personnes ayant reçu une formation scientifique initiale limitée, et qui participent à des projets de recherche animés par des experts qualifiés. Elle prend aujourd'hui la forme de nombreux projets à travers le monde, impliquant des millions de personnes et des milliards de données collectées.

Une deuxième composante de la science citoyenne qui a émergé au XXI^e siècle implique des personnes ayant reçu une solide formation scientifique de base, mais qui exercent leur activité scientifique en dehors des murs des systèmes de recherche professionnels. Ces personnes pratiquent la science dans des communautés virtuelles, publiques ou privées ou dans des installations privées. Cette catégorie de science citoyenne est nommée ici « recherche hors-murs² »

À l'ère d'Internet, la valeur potentielle de ces approches de recherche est élevée : la recherche participative peut contribuer à améliorer la compréhension qu'a le public de la science et de la méthode scientifique, et peut donc jouer un rôle dans la démocratisation du savoir et de l'apprentissage. La recherche hors-murs fournit l'opportunité de faire progresser les connaissances et l'innovation d'une manière qui était auparavant inaccessible aux organismes de recherche universitaires, gouvernementaux ou industriels, et constitue une occasion - largement utilisée par l'industrie - de découvrir des individus talentueux en dehors du système de recherche standard.

En face de ces avantages potentiels il y a des risques, en particulier en ce qui concerne l'évaluation des résultats découlant de la recherche participative et de la recherche hors-murs. Ces résultats sont en effet souvent diffusés par divers canaux en dehors du système traditionnel d'« évaluation par les pairs ». Un autre risque est que les lignes directrices en matière d'éthique et les règlements de sécurité qui s'appliquent à la recherche effectuée dans le cadre professionnel ne soient pas suivis par les praticiens de la science citoyenne. À cet égard, il faut donc imaginer des mesures nouvelles de prévention et de contrôle à destination de la science citoyenne.

Il faut enfin souligner que le développement de la science citoyenne exige un effort accru pour la formation scientifique du citoyen à tous les âges, dès l'école, et que celle-ci doit intégrer des approches incluant au côté des sciences naturelles et l'ingénierie les arts, les sciences humaines et sociales, le droit, l'éducation, et l'éthique.

1. Désignée dans le texte en anglais des académies comme Community-Based Participatory Research, (CBPR),

2. Désignée dans le texte en anglais des académies comme « Beyond The Walls Research », (BTWR).

Recommandations

Les recommandations détaillées se trouvent à la fin de la déclaration.

- Repenser l'enseignement scientifique afin qu'il permette aux élèves et étudiants d'entreprendre plus tard des recherches scientifiques, qu'elles soient dans un cadre professionnel ou citoyen.
- Identifier des mesures permettant à la science citoyenne d'éviter ou atténuer d'éventuels écarts aux règles éthiques, ou des risques en matière de sécurité.
- Promouvoir le codéveloppement de la science citoyenne et de la recherche menée en laboratoire.
- Permettre aux praticiens de la science citoyenne d'adopter la culture existante en matière de communication et d'évaluation de leurs contributions scientifiques.
- Créer des programmes de financement spécifiques pour la science citoyenne.
- Promouvoir des systèmes d'information permettant de documenter les thèmes et les résultats de la science citoyenne.

Introduction

L'organisation du système de recherche professionnel, dans son acception moderne, n'a pas toujours existé. Dans le passé, de nombreuses recherches scientifiques ont été menées par des individus isolés qui collaboraient et échangeaient des idées à travers le monde. La création d'observatoires en astronomie et le développement de jardins botaniques en sciences de la vie furent l'exemple du développement d'une organisation structurée et systématique de la recherche. Au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle, la recherche scientifique s'est enracinée principalement dans les universités, dans des institutions de recherche gouvernementales publiques et dans des laboratoires industriels. Cette organisation a fourni aux chercheurs l'environnement technique et intellectuel nécessaire. Parce que les laboratoires de recherche ne peuvent pas travailler en vase clos, la nécessité de coopération entre les équipes de recherche fondamentale de différentes spécialités (souvent dans les universités) et leurs partenaires de l'industrie ou des organisations de recherche publiques a été reconnue et soutenue par divers moyens organisationnels.

La seconde moitié du XX^e siècle a vu l'essor de la « science citoyenne ». Dans la majorité des cas, la science citoyenne a été menée par des citoyens travaillant en collaboration plus ou moins étroite avec des universités, des instituts de recherche et des laboratoires industriels.

Au XXI^e siècle, le citoyen a de plus en plus la possibilité de s'engager plus profondément dans la recherche scientifique. C'est la conséquence :

- de la démocratisation du savoir, liée au développement général de l'enseignement supérieur depuis la Seconde Guerre mondiale ;
- de la révolution Internet, qui s'accompagne de la diffusion d'équipements électroniques performants et de logiciels d'analyse permettant aux citoyens ordinaires d'accéder à - et de produire - des rapports, des analyses, des images et même des données (par exemple dans le domaine environnemental) ;
- de l'évolution générale vers une science ouverte qui permet l'accès public - essentiel pour une science reproductible - aux données, aux méthodes de la recherche scientifique et aux résultats de cette recherche.

La présente déclaration formule des recommandations sur deux catégories de « science citoyenne ». La première, qui domine numériquement, est la recherche participative effectuée par des citoyens qui n'ont pas nécessairement reçu une formation en recherche scientifique. Elle est désignée ici sous le vocable de recherche participative³. C'est cette activité qui a été baptisée au départ « science

3. Dans ce texte, la recherche participative n'est pas limitée à la « recherche action », telle que définie dans <http://www.bris.ac.uk/education/study/continuing-professional-development-cpd/actionresearch/>.

citoyenne ». Il en existe de nombreux exemples historiques, comme ceux de Buffon et Lapeyroue en France qui s'appuyaient sur un vaste réseau de correspondants pour leur Histoire Naturelle, ou comme Darwin au Royaume-Uni.

Une deuxième catégorie, plus récente, de science citoyenne concerne des personnes ayant reçu une formation scientifique avancée, mais travaillant isolément - ou dans des communautés virtuelles - pour conduire des projets de recherche en dehors des environnements contrôlés établis (universités, systèmes de recherche gouvernementaux ou industriels). Cette seconde catégorie de science citoyenne est nommée ici « recherche hors-murs ».

Les académies des sciences évaluent dans ce texte ces orientations de recherche, leur utilité, la qualité des nouvelles pratiques et proposent un ensemble de recommandations pour une meilleure reconnaissance et une meilleure intégration de ces efforts. Ces recommandations visent à réaliser le plein potentiel et à garantir la qualité de toutes les formes de « science citoyenne ».

Les nouvelles tendances de la science citoyenne

À ce stade, il est utile de décrire certaines des tendances qui caractérisent la science citoyenne, en soulignant que sa portée et ses caractéristiques diffèrent grandement selon les domaines, reflétant en cela le large éventail de pratiques disciplinaires qui constituent la science. Pour ce faire, nous examinerons successivement les deux composantes identifiées précédemment. Ensuite, nous concluons en soulignant le grand potentiel de la science citoyenne, ses opportunités et ses risques.

Une catégorie bien établie de « science citoyenne » : la recherche participative

On constate une expansion considérable de l'activité de recherche participative dans la collecte de données sur la biodiversité (par exemple www.inaturalist.org), l'astronomie (par exemple, www.zooniverse.org, qui héberge également des projets sur de nombreux autres sujets), la collecte de données météorologiques (comme l'illustre le Met Office au Royaume-Uni⁴) et l'observation de la qualité de l'air. Le partenariat entre les citoyens et les chercheurs professionnels a donné lieu à des milliers de projets à travers le monde, impliquant des millions de personnes et des milliards de données collectées. Certains de ces projets d'envergure sont dotés de systèmes sophistiqués destinés à assurer la qualité des données (voir : ebird.org, www.iNaturalist.org, www.ispotnature.org) et qui associent méthodes d'apprentissage, d'analyse automatisée d'images, de visualisation des données avec l'expertise humaine. Une fois la qualité des données assurée, celles-ci sont transférées dans de grands entrepôts de données tels - aux États-Unis - le Global Biodiversity Information Facility (GBIF), où elles sont mises à la disposition de la communauté scientifique.

La recherche participative a notamment pris une importance considérable en médecine. Il est aujourd'hui difficile de concevoir une recherche médicale, qu'elle soit épidémiologique, diagnostique ou thérapeutique, sans la participation directe des patients à l'effort de recherche. Ceci a conduit à l'émergence de la notion de patient-expert, souvent par le biais d'associations de patients (la recherche sur le sida est un bon exemple de cet engagement). De plus, les patients peuvent partager les données entre eux s'ils le souhaitent, alors que les médecins ne peuvent le faire sans leur accord. Cela ouvre de nouvelles possibilités dans le domaine de la recherche épidémiologique, mais aussi mène à de nouvelles préoccupations éthiques.

Une catégorie émergente de la science citoyenne : la recherche hors-murs

Le XXI^e siècle voit l'émergence de nouvelles formes de science citoyenne, qui – à nouveau - impliquent des scientifiques non professionnels (c'est-à-dire n'étant pas officiellement affiliés à une université, à une institution gouvernementale ou industrielle ou payés par elle : c'est la définition de la recherche hors-murs). Cependant, contrairement à la plupart des recherches menées dans le cadre de la recherche participative, les participants à cette seconde catégorie de recherche citoyenne ont une formation scientifique (ils sont souvent titulaires d'un doctorat ou d'une maîtrise) et sont généralement compétents dans l'utilisation de technologies et méthodes novatrices. La recherche

4. <https://blog.metoffice.gov.uk/2016/07/05/encouraging-a-new-generation-of-weather-observers/>

hors-murs entretient souvent des liens assez souples avec les laboratoires de recherche conventionnels ou agit en tant que source de brevets et de start-ups par ses interactions avec l'industrie et les entreprises.

Une première catégorie de recherche hors-murs se compose d'individus ou de petits groupes répondant à des défis et à des concours. Le recours aux compétitions pour résoudre des problèmes complexes jugés importants, en faisant ouvertement un appel général aux talents, n'est pas nouveau. Un exemple historique en est le *Longitude Prize*, créé en 1714 par un comité parlementaire anglais, conseillé par Isaac Newton et Edmond Halley. Ce prix a récompensé le défi consistant à mesurer la longitude avec précision. Mais, là encore, l'accès à Internet a changé l'échelle de cette pratique en permettant la diffusion mondiale des sujets des défis, en facilitant la création d'équipes éphémères géographiquement dispersées et en rendant les ensembles de données aisément accessibles à tous⁵. Cette approche est particulièrement active dans le domaine des sciences de l'information, domaine essentiel pour les grandes entreprises numériques qui, par leurs énormes ressources financières, jouent un rôle majeur dans la mise en place de ces concours et la récolte de leurs résultats. La recherche hors-murs est également très active dans les domaines des technologies de l'espace et des transports.

Une deuxième catégorie de recherche hors-murs est portée par le mouvement « Do It Yourself » (DIY), qui concerne des domaines dans lesquels les outils techniques ou logiciels avancés sont facilement disponibles, souvent via Internet. Ainsi, des individus isolés ou des petits groupes - physiques ou virtuels - peuvent s'impliquer dans des projets ambitieux. C'est le cas, par exemple, des applications spatiales, des dispositifs biomédicaux ou – de façon naissante - de la biologie, avec la possibilité de développement d'organismes génétiquement modifiés (biologie dite « de garage »). Ceci pose manifestement un problème sérieux de sécurité et de sûreté, dans la mesure où les résultats de ces activités peuvent avoir de vastes répercussions sur la vie des autres.

Développements potentiels de la science citoyenne

Le mouvement actuel vers une science ouverte, que les académies soutiennent activement, est une nouvelle opportunité de développement pour la science citoyenne. Les citoyens ont, ou auront bientôt, accès à des ressources qui étaient auparavant disponibles presque uniquement au profit des chercheurs de laboratoire : une première ressource clé sera l'accès complet et gratuit à la plus grande partie de la littérature scientifique. Selon les principes de la « recherche reproductible », les détails des protocoles de recherche, des données sources et des codes des programmes - le cas échéant - doivent être décrits avec suffisamment de précision pour faciliter la diffusion du savoir-faire expérimental. Ces ressources comprennent de puissantes techniques d'analyse, y compris des outils d'intelligence artificielle, qui sont d'application large.

On peut également prédire que les activités de science citoyenne, qu'elles soient « participative » ou « hors-murs », vont se développer parce qu'elles correspondent au désir général de liberté, d'implication et d'autonomie des citoyens, et aux possibilités techniques offertes par l'Internet et les autres technologies de communication qui sont alimentées par de vastes ressources sous contrôle privé. On observe ce mouvement dans presque toutes les activités humaines, et il y a peu de raisons de croire que la recherche scientifique fera exception.

L'expansion prévisible de la science citoyenne, en particulier dans la catégorie « hors-murs », a déjà et aura d'importantes conséquences économiques. En raison de son potentiel d'innovation et de flexibilité, la recherche hors-murs est, et sera, partie prenante de développements industriels. L'industrie ne peut qu'être attentive à ces tendances, compte tenu de ses propres intérêts en matière de propriété intellectuelle et de protection par brevets. Ces activités sont également à l'origine de créations d'entreprises dans les technologies numériques ainsi que dans d'autres domaines tels que l'industrie spatiale et la biologie synthétique. Certaines conséquences attendues de ces évolutions sont positives tandis que d'autres soulèvent des questions et des inquiétudes.

5. Voir par exemple <https://www.kaggle.com/competitions> qui liste une grande variété de compétitions, les prix correspondants offerts et le nombre des équipes/personnes qui y participent. D'autres exemples sont nombreux dans l'industrie spatiale, avec des prix pouvant atteindre plusieurs millions de dollars.

Dans toutes ces situations, il est extrêmement important qu'existent des mécanismes permettant au public, aux médias et à toute personne d'évaluer les annonces scientifiques sur la base de la qualité et de la robustesse de la méthodologie de recherche employée. On peut imaginer que l'évolution des diverses formes de science citoyenne se fera dans le cadre d'un système mondial de contrôle de qualité surveillé par des professionnels, incluant un détecteur de « mauvaise science », qui aurait les ressources considérables et la diversité des connaissances nécessaires pour signaler les cas présumés de résultats scientifiques médiocres.

Aspects positifs

- Le nombre croissant de scientifiques non professionnels participant à des activités de recherche permettra à une plus grande quantité de personnes de mieux appréhender la science pour le bien commun, d'accroître la confiance du public dans la science et de renforcer la place de l'expertise scientifique dans la décision publique.
- Le développement de la science citoyenne peut permettre d'intégrer le savoir de différentes communautés (par exemple les communautés autochtones en Amérique du Nord) ; il peut permettre de collecter plus rapidement et/ou plus économiquement des données dans certains domaines, et même d'avoir accès à des projets de recherche tout simplement inimaginables « dans les murs » des laboratoires. Au-delà, une relation harmonieuse entre la recherche « dans les murs » des institutions de recherche et la recherche citoyenne pourrait produire des bénéfices encore plus fructueux.
- La science citoyenne est une nouvelle occasion de découvrir des individus talentueux en dehors de l'organisation conventionnelle des carrières scientifiques et éventuellement de trouver de nouvelles idées pour répondre aux grandes questions du moment. Cette possibilité est largement utilisée par l'industrie, en particulier dans les technologies de l'information et de l'espace.
- La science citoyenne peut être utilisée pour résoudre des défis majeurs (par exemple *seti@home*).

Préoccupations

- Les praticiens de la science citoyenne ne doivent pas être vus comme une ressource de substitution aux scientifiques professionnels.
- La science citoyenne peut manquer de normes de qualité, principalement en raison de l'absence du système habituel d'évaluation par les pairs. Des résultats de mauvaise qualité non mis à l'épreuve pourraient alors diminuer la confiance du public dans la science en général.
- Le problème de la reproductibilité des résultats scientifiques est déjà devenu préoccupant dans le cadre de la science académique et des précautions spécifiques ont été suggérées pour réduire le flot de rapports de recherche non reproductibles. Ces précautions devront être adaptées aux projets scientifiques citoyens.
- Il est potentiellement inquiétant que des recherches puissent être trop facilement entreprises sans le contrôle des cadres éthiques et moraux et des règles de sécurité imposées aux institutions « traditionnelles » dans des domaines sociétaux clés (par exemple, la génétique et les organismes pathogènes).

Six recommandations

Les principales recommandations, interdépendantes, sont les suivantes.

■ Repenser l'enseignement scientifique pour permettre aux élèves et étudiants d'entreprendre plus tard des recherches scientifiques, qu'elles soient dans un cadre professionnel ou citoyen

Dans un monde que les sciences et technologies de l'information transforment en permanence, il est nécessaire de repenser l'éducation et de mettre au point de nouvelles méthodes d'apprentissage tout au long de la vie, permettant d'acquérir des connaissances multidisciplinaires rationnelles, facilement accessibles et validées.

Il faudra pour cela prendre les mesures suivantes:

- Développer et mettre en œuvre - dès que possible et dès l'école primaire - de nouveaux modes d'apprentissage et de nouvelles méthodes de travail en commun, permettant d'obtenir des résultats scientifiques de qualité. Il faudra donner aux écoles les ressources en termes de professeurs de sciences et d'équipement pour initier les élèves à la pratique des sciences.
- Former les élèves et les étudiants, le plus tôt possible, au raisonnement abstrait et numérique, car ceux-ci sont fondamentaux pour saisir des concepts tels que l'induction, la déduction, les probabilités, les relations non linéaires et toutes les bases de la recherche empirique.
- Encourager les institutions à jouer un rôle important dans la validation des nouveaux outils de formation et d'information (comme les e-encyclopédies) permettant la mise à jour des connaissances dans les différents champs disciplinaires et leur mise à disposition du public.

■ Identifier des mesures permettant à la science citoyenne d'éviter ou atténuer d'éventuels écarts aux règles éthiques, ou des risques en matière de sécurité

Les procédures de contrôle existantes doivent être adaptées à la science citoyenne, afin d'éviter d'éventuels détournements, et afin de veiller à ce que les directives éthiques et les règles de sécurité y soient respectées, notamment dans les domaines de la biologie et de la médecine.

■ Promouvoir le codéveloppement de la science citoyenne et de la recherche menée en laboratoire

Une interaction étroite - y compris au stade de la formation - entre la science citoyenne et la communauté scientifique professionnelle est mutuellement bénéfique et est importante pour la validation des résultats. Cette interaction doit s'effectuer dans la confiance et le respect mutuel. Idéalement, chaque citoyen impliqué devrait avoir une compréhension minimale des enjeux scientifiques et technologiques. Inversement, les laboratoires doivent être attentifs aux questions soulevées par la communauté.

Cela nécessite :

- d'affecter des fonds et du personnel spécifiques aux activités de mentorat, à la diffusion de la méthodologie scientifique et à la surveillance de la qualité et de la reproductibilité de la recherche ;
- que les sciences humaines et sociales soient intégrées pour aider à identifier les facteurs et les stratégies d'un codéveloppement fructueux entre la recherche citoyenne et la recherche en laboratoire.

■ Permettre aux praticiens de la science citoyenne d'adopter la culture existante en matière de communication et d'évaluation de leurs contributions scientifiques

Les nombreuses réflexions sur l'amélioration de l'évaluation de la recherche et de la qualité de la diffusion des résultats devraient être étendues et/ou adaptées pour inclure la science citoyenne, en tenant pleinement compte de la spécificité de ce type de recherche. Des méthodes innovantes sont nécessaires pour fournir une évaluation indépendante des résultats et des canaux de diffusion qui garantiront un niveau de qualité acceptable. Le déploiement actuel de méthodes aidant les utilisateurs à identifier les fausses nouvelles sur la Toile devrait également concerner la publication de résultats de la recherche. On peut enfin imaginer un développement maîtrisé de la science citoyenne et des outils appropriés lui permettant de s'évaluer elle-même avec des normes d'examen et de robustesse comparables à celles qui sont appliquées aux laboratoires traditionnels.

■ Créer des programmes de financement spécifiques pour la science citoyenne

La science citoyenne, dans les nombreux domaines mentionnés dans l'introduction, apporte des données et une expertise inestimables. La valeur monétaire apportée par sa main-d'œuvre est difficile à évaluer, mais il est probable qu'elle est assez importante. Inversement, les organismes nationaux et internationaux pourraient envisager de dégager un soutien financier pour la science citoyenne, supplémentaire à celui apporté à la recherche scientifique menée dans les cadres professionnels. Des mesures de financement internationales spécifiques pourraient être coordonnées par les académies dans des domaines d'intérêt mondial commun, tels que les Objectifs de Développement

Durable. Dans ce contexte, il sera important de prendre en compte le fait que certains domaines se prêtent davantage aux activités scientifiques citoyennes que d'autres, qui, par exemple, ne peuvent être poursuivis qu'en accédant à un équipement coûteux ou à un environnement de laboratoire sûr.

■ Promouvoir des systèmes d'information permettant de documenter les thèmes et les résultats de la science citoyenne

Aller vers une information complète sur les projets de science citoyenne menés dans les pays du G7 et ailleurs est un objectif qui pourrait être atteint en créant une plate-forme commune internationale pour la collecte et la diffusion de ces informations, par exemple sous l'égide du Conseil international de la science (ISC). Cela permettrait notamment à la science citoyenne en tant que telle de devenir un objet de recherche pour les sciences humaines et sociales.

Références

Bürgerschaften Wissen (2016). *Citizen Science Strategy 2020 for Germany*.
https://www.buergerschaftenwissen.de/sites/default/files/assets/dokumente/gewiss_cs_strategy_englisch.pdf

Haklay M. (2015) *Citizen science and policy: a European perspective*, Washington DC :
https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Citizen_Science_Policy_European_Perspective_Haklay.pdf

Houllier F. (2016). *Les Sciences participatives en France*. <http://www.sciences-participatives.com/Rapport>

National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (2018). *Learning through citizen science: enhancing opportunities by design*. Washington, DC: The National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/25183>

Ryan S. F. et al. (2018). The role of Citizen Science in addressing grand challenges in food and agriculture research. *Proceedings of the Royal Society B*.
<https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspb.2018.1977>

Sobel D. (1995). *Longitude. The true story of a lone genius who solved the greatest scientific problem of his time*. Walker and Company. New York.



Citizen science in the Internet era

Executive summary

Citizen science is by definition carried out by citizens who are not « scientific professionals ». It is changing rapidly, as a result of the democratization of knowledge, new and faster communication technologies and increased open access to information.

A first - and major- component of citizen science is the 21st century version of the long established « Community-Based Participatory Research ». CBPR is usually performed by people with little formal scientific training participating in research projects coordinated by trained experts. It now takes the form of many projects across the world involving millions of people and billions of data items collected. A second emerging component involves individuals having a solid scientific background, but working outside the walls of the usual professional research systems. They do science in public or private virtual communities or in private settings. This category of citizen science is referred to, here, as “Beyond The Walls Research” (BTWR).

In the present Internet era, the potential value of these approaches to research is high: CBPR may contribute to improving public understanding of science and the scientific method, and can thus play a role in democratizing knowledge and learning. BTWR offers an opportunity to advance knowledge and innovation in ways that were previously inaccessible to the academic, government or industrial organizations of research, and constitutes an opportunity – widely used by industry - to discover talented individuals outside the standard research system.

Alongside these potential benefits come risks, especially around the evaluation of results stemming from CBPR and BTWR. These results are often disseminated through diverse channels outside the traditional peer-review system. There are also risks that ethical guidelines and safety regulations that apply to research carried out in the standard professional framework are not followed by those engaged in this new citizen science and, therefore, there is a need for anticipation and control.

Finally, the development of citizen science requires an increased effort in the scientific training of the citizen at all ages, starting at school, and the integration of perspectives in the arts and humanities, law, education, social sciences and ethics as well as natural sciences and engineering.

Recommendations

The detailed recommendations are at the end of the statement.

- Rethink scientific education to equip students to undertake citizen science or professional research later on.
- Take action to avoid or mitigate ethical lapses and security risks of citizen science.
- Promote the co-development of citizen science and laboratory-based research.
- Enable citizen scientists to adopt existing culture of reporting and assessing scientific contributions.
- Create specific funding programs for citizen science.
- Promote information systems to document themes and results of citizen science.

Introduction

The concept of a professional research system in the modern sense has not always existed. Many early scientific investigations were carried out by isolated individuals collaborating and exchanging ideas across the world. Examples of structured and systematic organization of research were the creation of observatories in astronomy and the development of botanical gardens in life science. From the second half of the 19th century, scientific research planted its roots mainly in universities, specialist institutions and industrial laboratories, which provided the researchers with the necessary technical and intellectual environment. Research laboratories cannot work in isolation. The necessity of cooperation between basic research teams (often in universities) of different specialties, and their partners in industry or government was soon acknowledged and supported by a variety of organizational means.

The second half of the 20th century saw the rise of “citizen science”. In a majority of situations, citizen science was carried out by citizens working in more or less close collaboration with universities, research institutions and industrial laboratories.

In the 21st century, the citizen is enjoying increased opportunities to engage more deeply than before in scientific research. This is the consequence of:

- The democratization of knowledge, linked to the general pursuance of higher levels of education since World War II.
- The Internet revolution accompanied by the dissemination of high-performance electronic equipment and analysis software giving ordinary citizens access and the ability to report, analyze, visualize and even produce data (e.g. in the environmental field).
- The broad move towards open science allowing public access to data, scientific research methods – essential for reproducible science – and to results of this research.

This statement makes recommendations on two categories of “citizen science”.

The first one, which is predominant, is participatory research done by citizens who have not necessarily received training in scientific research. It was this activity that has been historically named “citizen science”. Here, we denote it as “Community-Based Participatory Research (CBPR)”¹. There are many historical examples, like those of Buffon and Lacépède in France who relied on a vast network of correspondents for their “Histoire Naturelle” or like Darwin in the United Kingdom.

A second and more recent category of citizen science involves scientifically trained individuals working in isolation, or in virtual communities, to develop projects outside established controlled environments (university, government or industry research system). We refer to this category of citizen science as “Beyond The Walls Research” (BTWR).

Herein, the Academies of Sciences assess these research orientations, their utility, the quality of the new practices, and propose a set of recommendations for a better recognition and integration of these efforts. These recommendations are intended to achieve the full potential and guarantee the quality of all kinds of “citizen science”.

New trends in citizen science

At this stage it is useful to describe some of the trends that characterize citizen science, noting that its reach and characteristics differ greatly by discipline, reflecting the wide range of disciplinary practices that exist across the science base. This is conveniently accomplished by successively considering the two components identified previously. Then we conclude by analyzing the great potential of citizen science, its opportunities and risks.

1. CBPR in this text is not limited to a type of “action research” as defined in <http://www.bris.ac.uk/education/study/continuing-professional-development-cpd/actionresearch/>

An established category of citizen science: “Community-Based Participatory Research”

There has been a considerable expansion of CBPR in domains covering biodiversity data collection (e.g. www.inaturalist.org), astronomy (e.g. www.zooniverse.org, which also hosts projects on many other topics), weather data collection (as exemplified by the Met Office in the UK²), and air quality observation. The partnership between citizens and professional researchers has resulted in thousands of projects across the world involving millions of people and billions of collected data items. Some of these large-scale projects feature sophisticated systems for ensuring data quality (see: ebird.org, www.iNaturalist.org, www.ispotnature.org) that involve a combination of machine learning and vision, data visualization and human expertise. Once the quality of the data is assured, it is transferred into major data repositories such as – in the US - the Global Biodiversity Information Facility where it is made available to the scientific community.

CBPR has in particular taken considerable importance in medicine. It is now difficult to conceive medical research, either epidemiological, diagnostic or therapeutic, without patients directly participating in the research effort. This has led to the emergence of the patient-expert notion, often via patient associations (AIDS is a good example of this engagement). Moreover, patients can share data amongst themselves if they wish, while doctors cannot do so without their approval. This opens new opportunities in epidemiological research, and new ethical concerns as well.

An emerging category of citizen science: “Beyond The Walls Research”

The 21st century is seeing the rise of new forms of citizen science. They involve non-professional scientists (i.e. they are not scientists formally affiliated to, or paid by, university, government or industrial institutions) as in CBPR. However, by contrast to most of CBPR, the participants in this kind of citizen research are people trained in science (often holding a PhD, or a Master’s degree) and generally competent in using innovative technologies and methods. This research is done “beyond the walls” of university, government or industry research laboratories. BTWR is often loosely linked to conventional research laboratories or acts as a source of patents and startups through its interactions with industry and business.

A first class of BTWR comprises individuals or small groups responding to challenges and commissions. Resorting to contests to resolve complicated problems deemed important, by openly calling upon the talents of others is nothing new. A historical example is the Longitude Prize, created in 1714 by an English Parliamentary committee; advised by Isaac Newton and Edmond Halley, it rewarded the challenge of accurately measuring longitude. But, here again, the internet access has changed the scale of this practice by permitting worldwide dissemination of contest subjects, facilitating the creation of geographically scattered ephemeral teams and easily making datasets available to everyone³. This approach is particularly active in data science, an essential field for large digital companies that, with their enormous financial resources, play a major role in setting up these contests and harvesting their results. BTWR is also quite active in the domains of space and transportation technologies.

A second class of BTWR projects triggered by the “Do It Yourself” (DIY) movement concerns fields in which the advanced tools, techniques or software are readily available, often via the Internet. Hence, isolated individuals or small groups - physical or virtual - can get involved in ambitious projects. This is exemplified in domains ranging from space applications, biomedical devices, or biology with the development of genetically modified organisms (“DIY biology”). There is clearly a serious issue of security and safety when results of these activities may have broad implications for the lives of others.

Potential developments of citizen science

The present movement towards open science, which Academies support actively, is a new opportunity for citizen science. Citizens already do or will soon enjoy access to resources that were previously

2. See: <https://blog.metoffice.gov.uk/2016/07/05/encouraging-a-new-generation-of-weather-observers/>

3. See for example <https://www.kaggle.com/competitions> which lists a variety of open contests, the prizes offered and the numbers of teams/individuals participating. Other examples abound in the space industry with prizes up to several millions dollars.

available almost uniquely to laboratory-based researchers: a first key resource will be the full and free access to (most of) the scientific literature. The principles of “reproducible research” provide that the details of the research protocols, source data and codes of the programs – if any – should be described with sufficient details to facilitate the dissemination of experimental know-how. These resources include powerful analysis techniques, including artificial intelligence tools, which are of very wide applicability.

CBPR and BTWR activities can also be predicted to grow because they correspond to citizens’ desire for freedom, inclusion, and autonomy, with the technical possibilities offered by the Internet and other communication technologies powered by vast resources under private control. This movement is observed for almost all human activities, and there is little rationale to believe that research will be an exception.

The predictable expansion of citizen science, particularly in the BTWR category, already has, and will have, important economic consequences. Because of its potential for innovations and flexibility, BTWR is, and will be, part of industrial developments. Industry cannot but be attentive to these trends, in light of its own interests in terms of intellectual property and patent protection. These activities are also a source of start-ups in digital technologies as well as in other fields, e.g. space industry and synthetic biology. Some expected consequences of these developments are positive while others raise questions and worries.

In all these situations, it is extremely important that there are mechanisms for members of the public, the media and others to assess scientific announcements on the basis of the quality and robustness of the research methodology. One can imagine a development of the several forms of citizen science into a professionally monitored global quality control system, a “poor science” detector, providing the considerable resource and diversity of knowledge required to flag cases of suspected poor scholarship findings.

Opportunities

- The increasing number of non-professional scientists involved in research activities will allow an improved appreciation of science by a larger more diverse number of people for the common good, augment trust in science, and strengthen the place of scientific expertise in public decision-making processes.
- Citizen science undertakings can enable the integration of knowledge systems from different communities (e.g. Indigenous communities in North America) and the gathering of data more quickly and/or more economically in some fields, or even to have access to research projects simply unimaginable in the within-the-walls context. Beyond that, a harmonious relationship between the two research modalities could yield even more fruitful benefits.
- Citizen science is a new opportunity to discover talented individuals outside conventional scientific career structures and possibly new ideas to answer the big questions of the moment. This opportunity is widely used by industry, particularly in information and space technologies.
- Citizen science can be utilized to resolve major challenges (e.g. *seti@home*).

Concerns

- Citizen science should not be a substitute for professional trained scientific workers.
- Citizen science may lack standards mainly due to the absence of an independent reviewing system. Unchallenged poor quality findings could diminish public confidence in science more generally.
- The problem of replicability has already become a big issue in academic science and specific precautions have been suggested to curtail the flood of nonreplicable research reports. These precautions will have to be adapted to handle the outcome of citizen science projects (CBPR and BTWR).
- It is potentially worrying that research could be too easily undertaken without control of the ethical and moral frameworks and the safety regulations imposed on “traditional” institutions in key societal matters (e.g. genetics and pathogenic organisms).

Six recommendations

The main recommendations are the following, which are all interrelated.

■ Rethink scientific education to equip students to undertake citizen science or professional research later on

In a world that is being transformed by information sciences and technologies, there is a need to rethink education and to develop new ways to learn throughout life, and access rational, easily accessible and validated multidisciplinary knowledge.

This will require the following actions:

- Develop and implement – as soon as possible and as early as primary school – new ways of learning and new methods of working together efficiently to obtain quality results. Schools will need to be given the resources in terms of science teachers and equipment to initiate students into the practice of science.
- Train pupils and students, as early as possible, in abstract and numerical reasoning skills because these are fundamental to grasp concepts as induction, deduction, probabilities, nonlinear relationships and other basics of empirical research.
- Encourage established institutions to play an important role in validating novel training and information tools (such as e-encyclopedias), updating knowledge in disciplinary fields and making it accessible to the public.

■ Take action to avoid or mitigate ethical lapses and security risks of citizen science

Existing control procedures need to be adapted to citizen science, to avoid possible misappropriation, and therefore ensure that ethical guidelines and safety rules are followed in citizen science, especially in the fields of biology and medicine.

■ Promote the co-development of citizen science and laboratory-based research

A close interaction of citizen science, including training, with the professional scientific community and personnel is mutually beneficial and important for the validation of results. It must be carried out with trust and mutual respect. Ideally, every involved citizen should have a minimal understanding of what is at stake scientifically and technologically. Conversely, laboratories should be attentive to questions raised by the community.

This necessitates that:

- Specific funding and personnel be allocated to mentoring activities and to the dissemination of scientific methodology and the monitoring of research quality and reproducibility.
- Human and social sciences be integrated to help identify factors and strategies for a fruitful co-development of citizen and laboratory based research.

■ Enable citizen scientists to adopt existing culture of reporting and assessing scientific contributions

The many reflections on improving research assessment and quality of results dissemination should be extended and/or adapted to include citizen science, taking full account of the specificity of this type of research. Innovative methods are needed which provide an independent assessment of results and dissemination channels that will guarantee an acceptable level of quality. The present development of methods helping users to identify fake news on the web should also target research results. One can imagine a managed development of citizen science and appropriate tools such that citizen science is able to monitor itself, and establishes comparable standards of review and robustness which are applied to traditional laboratory environments.

■ Create specific funding programs for citizen science

Citizen science, in many fields mentioned in the introduction, brings invaluable data and expertise. The value, in terms of money, of the corresponding workforce is difficult to estimate but is likely to be quite large. Conversely, national and international agencies might consider finding additional financial support for citizen science. Specific international financing measures could be coordinated by the

Academies in fields of shared worldwide interest, such as, the Sustainable Development Goals. Within this, it will be important to consider the longer-term implications of the fact that some fields are more amenable to citizen science activities than others e.g. those that can be pursued only through access to expensive equipment or a safe laboratory environment.

■ Promote information systems to document themes and results of citizen science

Move towards comprehensive information on citizen science (CBPR and BTWR) projects carried out in the G7 countries and elsewhere. This might be achieved by creating an international common platform for the collection and dissemination of this information, for example under the aegis of the International Science Council (ISC). This would enable citizen science itself to become an object of research for the human and social sciences.

General references

- Bürgerschaften Wissen (2016). Citizen Science Strategy 2020 for Germany.
https://www.buergerschaftenwissen.de/sites/default/files/assets/dokumente/gewiss_cs_strategy_englisch.pdf
- Haklay M. (2015) *Citizen science and policy: a European perspective*. Washington, DC: Woodrow Wilson International Center for Scholars.
https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Citizen_Science_Policy_European_Perspective_Haklay.pdf
- Houllier F. (2016). Les Sciences participatives en France. <http://www.sciences-participatives.com/Rapport>
- National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (2018). Learning through citizen science: enhancing opportunities by design. Washington, DC: The National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/25183>
- Ryan S. F. et al. (2018). The role of Citizen Science in addressing grand challenges in food and agriculture research. *Proceedings of the Royal Society B*. Vol. 285, Issue 1891.
<https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspb.2018.1977>
- Sobel D. (1995). *Longitude. The true story of a lone genius who solved the greatest scientific problem of his time*. Walker and Company. New York.

Royal Society Canada



Chad Gaffield

Académie des sciences France



Pierre Corvol

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina Germany



Jörg Hacker

Accademia Nazionale dei Lincei Italy



Giorgio Parisi

Science Council Japan



Juichi Yamagiwa

Royal Society United Kingdom



Venkatraman «Venki» Ramakrishnan

National Academy of Sciences United States of America



Marcia McNutt



Version de courtoisie

Science et confiance

Résumé et recommandations

Pour renforcer la confiance dans la science, nous recommandons une éducation scolaire faisant plus de place à l'enseignement des méthodes scientifiques ; une meilleure diffusion de la science auprès du public ; des modes de communication qui ne minimisent pas les doutes ou n'exagèrent pas les promesses ; une exigence de rigueur et d'intégrité de la part des scientifiques ; une amélioration de l'évaluation scientifique mettant en valeur la qualité et la pertinence des données; un meilleur dialogue entre scientifiques, groupes sociaux et décideurs pour mieux éclairer les choix politiques concernant les grands problèmes auxquels la société est confrontée.

Le rythme accéléré des changements technologiques et le besoin d'innovation pour relever les défis à l'échelle des pays et du monde exigent une confiance accrue de la société dans la science. Il est essentiel de trouver des moyens de maintenir et d'accroître la confiance dans la science. Ceci dépend de la responsabilité de tous, scientifiques, éducateurs, médias et hommes politiques en maintenant ou en établissant des relations de confiance entre la science et la société.

Les décideurs politiques et les scientifiques devraient respectivement encourager à et s'engager à :

- Promouvoir l'enseignement des sciences et la compréhension de la manière dont la recherche est menée dès l'école élémentaire, afin que tous les élèves, filles et garçons, acquièrent un bagage suffisant pour comprendre le monde qui les entoure et les bénéfices de la science.
- Cultiver le dialogue, la confiance mutuelle et la confiance entre le public, la classe politique et les scientifiques afin de s'assurer que les contributions scientifiques soient prises en considération lors de l'élaboration des décisions politiques, en particulier pour les sujets à fort contenu scientifique.
- Veiller à ce que les principes fondamentaux d'éthique, d'intégrité et de responsabilité soient une composante majeure de l'enseignement scientifique, afin d'accroître la sensibilisation à la responsabilité scientifique, aux structures et aux politiques qui la sous-tendent. Veiller à ce que l'évaluation par les pairs soit faite en se référant aux comités d'éthique de la recherche et à la transparence concernant les conflits d'intérêts potentiels. Les manquements à l'éthique et à l'intégrité de la recherche devraient être traités avec transparence et rigueur afin de s'assurer que l'inconduite de quelques-uns ne discrédite pas l'ensemble des efforts de la communauté scientifique.
- Veiller à ce que l'évaluation de la science soit fondée sur des critères de qualité, de reproductibilité, d'originalité et de pertinence plutôt que sur un comptage du nombre de publications, de citations ou l'utilisation des facteurs d'impact ou autres éléments bibliométriques afin éviter la course à la publication qui diminue la valeur de la recherche scientifique et peut entraîner des atteintes à l'intégrité scientifique.

Introduction

L'accumulation des connaissances, fondées sur des méthodes scientifiques, sur les êtres humains, les sociétés et le monde qui nous entoure, a été l'un des moteurs de la vie humaine et une source indéniable de progrès depuis des siècles. Le savoir scientifique, avec le développement de la recherche et des technologies qui l'accompagnent, appartient au patrimoine de l'humanité et a apporté de nombreux bénéfices à la société. Toutefois, au cours de ces derniers temps, on peut observer une érosion apparente du niveau de confiance du public à l'égard de la science. Alors même que la communauté mondiale est confrontée à des défis croissants, il est essentiel que soit maintenu un niveau élevé de confiance dans la science. La science s'est récemment penchée sur des questions majeures ayant de vastes répercussions sur les politiques et les intérêts économiques, et il faut noter que le public et la classe politique n'ont pas toujours fait des choix fondés sur des méthodes scientifiques.

La confiance dans la science ne doit pas être tenue pour acquise. Ainsi, la communauté scientifique, de concert avec les éducateurs, les journalistes et les décideurs politiques, doit œuvrer pour renforcer et maintenir une relation de confiance éclairée entre la science et la société.

Une compréhension approfondie de la contribution de la science au progrès technique

Notre époque bénéficie d'un apport constant de découvertes, d'inventions et d'innovations scientifiques. Jamais, dans l'histoire de l'humanité, il n'y a eu autant de révolutions technologiques qui touchent tous les pays et tous les secteurs ; citons à titre d'exemple, les communications, les transports, l'environnement et la santé (y compris la capacité de lire, comprendre et modifier les génomes). Les technologies numériques et les progrès de l'apprentissage automatique modifient la science des données avec l'arrivée de l'intelligence artificielle dans la vie quotidienne. La science s'attaque aux grands défis mondiaux, notamment les questions de santé publique, la diminution des ressources naturelles, la réduction de la biodiversité et le changement climatique. Cependant, ces progrès scientifiques s'accompagnent de questions éthiques nouvelles et imprévues. Comprendre le fonctionnement de la technologie et la relation entre la science et la technologie devient de plus en plus difficile au fur et à mesure que les technologies deviennent plus complexes. Bien qu'ayant de plus en plus recours à ces nouvelles technologies, les citoyens peuvent, à juste titre, être déçus par l'accélération des connaissances et de leurs applications. Il peut leur être difficile de distinguer les informations scientifiques crédibles des allégations non fondées. Cette question est essentielle en raison de la diffusion rapide et considérable permise par les technologies numériques de fausses nouvelles issues des pseudo-sciences et de leur exploitation commerciale ou idéologique. Alors que des personnes expriment parfois des doutes sur les faits scientifiques, les mêmes sont souvent enclins à faire confiance de manière aveugle à ce qu'elles trouvent lors de recherches sur le Web et sont peu critiques quant à la fiabilité de ces nouvelles sources d'information et se laissent tromper par la validité apparente des pseudo-documents.

Établir et maintenir une relation de confiance entre la science et la société dans le respect et le dialogue

En général, les citoyens font confiance à la science pour résoudre les grands problèmes de l'humanité, mais leur degré de confiance varie considérablement d'un pays à l'autre, en fonction de facteurs éducatifs, sociaux, économiques, politiques, religieux et historiques, et selon le domaine scientifique. La méfiance à l'égard de la science peut découler d'une perte de confiance non pas tant dans la science elle-même que dans la capacité des scientifiques et des experts à être impartiaux sur des questions sociales ou économiques sensibles. Leurs conflits d'intérêts et leur intégrité sont remis en question. Dans certains cas, la communauté scientifique est perçue comme étant incapable de faire face aux impacts négatifs potentiels des développements de la science, ce qui peut être une source de méfiance. De nombreux autres facteurs peuvent réduire la confiance dans la science : le manque de reproductibilité de certains résultats publiés, la manipulation de la science et de l'information à des fins idéologiques ou commerciales, la fraude - bien que rare - et les conflits d'intérêts ; la tendance à remettre davantage en question les risques générés par la société elle-même que les risques naturels ; un niveau croissant de défiance dans de nombreuses institutions et

agences gouvernementales, alimenté par les médias et diffusé de manière quasi virale sur les réseaux sociaux ; la production et la diffusion de "fausses nouvelles" qui alimentent les théories conspiratrices sur Internet et par le canal d'autres moyens de communication. En outre, la méfiance à l'égard de la science provient souvent de craintes mal fondées et d'une formation insuffisante au raisonnement scientifique. Nos sociétés peuvent être tentées par une sorte de scepticisme et de relativisme culturel qui affecte la science et la voix des scientifiques. En l'absence de pensée critique, le doute sape la confiance de la société dans la science.

La science inclut elle-même une attitude critique qui admet que ce que nous savons à un moment donné peut en soi être réfutable et révisable. Les scientifiques ne sont pas toujours suffisamment prudents ou ne réussissent pas toujours à séparer la discussion des connaissances scientifiques de leurs propres opinions politiques et sociales.

Le respect et le dialogue entre les scientifiques et les citoyens sont essentiels pour construire une relation de confiance. L'ouverture des données scientifiques à l'accès du public est considérée comme utile, à condition que celle-ci ne se fasse pas au détriment des bonnes pratiques de publication. Les publications par des organisations et/ou institutions à but non lucratif et celles des serveurs de pré-impression ("preprints") doivent être considérées comme de bonnes alternatives. Une transparence accrue peut contribuer à accroître la confiance dans la science, ainsi que la participation active des citoyens au développement du savoir scientifique (voir aussi la déclaration sur la science citoyenne). Tous ces aspects doivent être pris en compte si l'on veut maintenir et renforcer la confiance du public dans la science et la communauté scientifique.

Assurer l'accès de tous à la science par l'éducation

Les jeunes doivent être sensibilisés très tôt au raisonnement et à la rigueur scientifiques. Un effort important devrait être fait pour enseigner la valeur du raisonnement et de la pensée rationnelle aux écoliers, filles et garçons, en commençant au niveau élémentaire. La pratique de l'expérimentation dès le plus jeune âge est à encourager. Stimuler l'observation, analyser méthodiquement les résultats obtenus et les replacer dans leur contexte sont des moyens de développer un esprit scientifique critique. Les règles de rigueur et d'intégrité doivent être enseignées au cours des cycles scolaire et universitaire, et réitérées tout au long de la carrière des chercheurs.

L'éducation doit fournir à tous les jeunes une base de connaissances scientifiques. Elle doit transmettre les valeurs de rigueur et d'intégrité inhérentes à la science, afin qu'ils puissent distinguer ce qui émane des opinions et des croyances (venant parfois de scientifiques) de ce qui repose sur des preuves scientifiques et une recherche rigoureuse. Pour évaluer correctement les faits scientifiques et les risques technologiques, il est particulièrement important d'avoir des capacités de raisonnement abstrait et numérique afin de comprendre des concepts difficiles à saisir telles que les probabilités, les tendances non linéaires ou les généralisations non justifiées. Tout citoyen instruit devrait être en mesure de comprendre les principes du raisonnement scientifique et de rejeter les nouvelles fausses ou déformées qui sont colportées par des groupes au service d'intérêts ou de croyances divers.

Promouvoir une recherche honnête, éthique et responsable

Toute nouvelle contribution scientifique à la connaissance, qu'il s'agisse d'une découverte, d'une intuition, d'une invention ou d'une innovation, exige que l'ensemble des données expérimentales ou les raisonnements soient présentés selon les critères scientifiques les plus rigoureux. Le public doit pouvoir faire confiance aux chercheurs et aux experts. Étant donné que le financement, la réputation et l'estime professionnelle des chercheurs sont étroitement liés aux publications de leurs travaux de recherche, la "course à la publication" peut engendrer une science de mauvaise qualité ou contraire à l'éthique, nuisant ainsi à la réputation de la communauté scientifique. La présentation d'une vérité tronquée, mal orientée ou falsifiée peut avoir de graves conséquences sociétales et jeter un doute durable et infondé sur la recherche en général. Les scientifiques devraient être préoccupés par les questionnements d'éthique tout au long de leurs recherches et qui découlent de leurs découvertes.

Les citoyens devraient pouvoir compter sur l'intégrité et la fiabilité du monde scientifique et avoir accès à une information rigoureuse et fiable. La confiance accordée à l'expertise scientifique dépend de la qualité des experts, de leur objectivité et de la gestion appropriée des conflits d'intérêts.

Accroître la qualité de la diffusion de la science

L'ensemble de la chaîne de création des savoirs est responsable de la diffusion d'une information scientifiquement validée et de qualité. Les chercheurs ont la responsabilité de rendre accessibles les résultats de leurs recherches à un public informé et spécialisé sans toutefois chercher à sur vendre leurs résultats en minimisant les doutes ou en exagérant les promesses. Les pouvoirs publics doivent soutenir la création de programmes audiovisuels de haute qualité visant à assurer la diffusion de la science dans de bonnes conditions.

La confiance dans la science est ébranlée par des publications dont l'examen par les pairs est limité ou inexistant. Au cours des dernières années, profitant du faible coût et de la rapidité de l'édition numérique, des revues électroniques de mauvaise qualité (examen par les pairs limité ou inexistant), ou pire totalement hors des règles de l'édition scientifique, ont permis la publication de recherches douteuses et ont dégradé la notion même de ce que doit être une publication scientifique. L'approche de la science ouverte recommande que l'évaluation des scientifiques soit fondée sur une analyse critique du contenu, de l'originalité et de la pertinence de leurs travaux plutôt que sur des paramètres tels que le nombre d'articles publiés et le facteur d'impact des revues dans lesquelles ils apparaissent. En résumé, les critères d'évaluation ne devraient pas reposer exclusivement sur des index bibliométriques, mais plutôt sur la lecture attentive par les pairs d'une sélection d'articles choisis par les chercheurs eux-mêmes. La confiance dans la science sera renforcée par l'amélioration de la qualité des publications, le contrôle de la reproductibilité des résultats et la garantie que les publications scientifiques ne sont pas biaisées du fait d'intérêts commerciaux ou idéologiques.

Le grand public suit l'actualité scientifique à travers différents types de médias tels que la télévision, Internet et la presse. Il est essentiel de rappeler aux citoyens que le calendrier de la science peut être long, que les découvertes et les progrès scientifiques ne sont pas toujours simples et qu'ils ne peuvent pas être produits sur demande. L'élaboration de solutions aux problèmes actuels ne suit pas un agenda préétabli mais découle souvent d'une recherche qui rompt avec les idées dites établies. Le rôle des journalistes spécialisés et des médias en général est crucial et toute initiative de leur part pour promouvoir ou améliorer la diffusion de connaissances scientifiquement valables devrait être soutenue. En outre, des méthodes d'évaluation de la crédibilité des sources d'information informelles (p. ex. pages Web et blogs) devraient être élaborées et les indicateurs de crédibilité de ces sources devraient être documentés et rendus publics.

Impliquer davantage les scientifiques dans la participation du public et des décideurs

Les scientifiques, à toutes les étapes de leur carrière, doivent être encouragés à travailler de manière interactive avec les citoyens, les journalistes et les décideurs. Les jeunes scientifiques sont des éléments essentiels dans ces démarches. La confiance se gagne par un engagement soutenu, en tenant compte des préoccupations et des priorités du public, en participant au débat public, en clarifiant les arguments scientifiques et en aidant aux prises de décisions impliquant l'ensemble de la société.

La participation des scientifiques à la diffusion des connaissances et à la vulgarisation scientifique est essentielle. Elle nécessite une formation spécifique et un encouragement à consacrer une partie de leur temps à l'engagement public et à la diffusion des connaissances. Cet engagement public devrait être pris en compte dans les processus d'évaluation et de promotion. Des progrès doivent être réalisés dans l'organisation de débats sur des sujets sensibles qui touchent à la science afin d'assurer la présence de scientifiques pour écouter et comprendre les préoccupations des citoyens, mais aussi pour contrer les arguments non fondés, les croyances et les fausses controverses. La diffusion de nouvelles délibérément fausses exige une recherche accrue sur les moyens de lutter contre leur apparition et leur propagation.

Les scientifiques et les hommes politiques travaillent à des échelles de temps différent, mais il est important que les deux se concertent pour le bien de l'ensemble de la société dans l'élaboration de politiques fondées sur la science. A tous les niveaux, aussi bien local qu'international, les scientifiques ne devraient pas seulement être positionnés en tant qu'experts-conseils, mais être activement associés aux processus de planification et de prise de décision. Ils peuvent fournir une vision à long terme irremplaçable sur des sujets que la politique et l'élaboration des politiques ne considèrent souvent qu'à court terme.

Faire passer le message que la science a un rôle crucial à jouer pour relever les défis cruciaux auxquels l'humanité est confrontée

Les défis auxquels l'humanité est confrontée aujourd'hui sont de taille. Le monde dépend de plus en plus de la science et de ses applications dans la vie quotidienne ainsi que dans ses perspectives à long terme. L'absence de transition démographique dans de nombreux pays et l'augmentation de la population mondiale qui en résulte posent des problèmes d'approvisionnement énergétique, de disponibilité en eau, de menaces pour les écosystèmes marins et côtiers, d'extinction accélérée des espèces affectant la biodiversité de la planète, de réchauffement climatique, de dégradation des sols et de son impact sur la sécurité alimentaire qui ont été précisément décrits par des scientifiques. Les chercheurs doivent avertir nos sociétés des mesures urgentes et nécessaires à prendre pour réduire les risques prévus. Il ne sera possible de relever ces grands défis qu'en comprenant systématiquement les options et leurs conséquences, en réalisant de nouveaux progrès scientifiques, en accélérant les progrès technologiques, en innovant et en faisant preuve d'une volonté politique pour les mettre en œuvre. Ces mesures sont d'autant plus importantes que la situation de l'homme est aujourd'hui profondément différente de celle d'il y a plusieurs générations. Auparavant, les risques et les avantages des développements technologiques étaient immédiatement évidents pour les individus. De nos jours, de nombreux développements ont des conséquences lointaines et les risques différés ne peuvent être appréhendés que par un raisonnement abstrait et une analyse des tendances anticipées à partir de modèles scientifiques dont la pertinence doit être assurée.

Les questions abordées ici sont encore plus pertinentes et difficiles pour les pays en développement qui n'ont peut-être pas la capacité de produire et d'utiliser des informations scientifiquement validées et de déployer la technologie et le savoir-faire technique appropriés. Ces pays disposent d'un potentiel scientifique et de ressources naturelles considérables mais n'ont pas tous les moyens pour les développer. Les racines de la confiance et de la méfiance ont une dimension historique, ce qui rend le renforcement des capacités locales d'une importance cruciale. Plus généralement, accroître l'impact des sciences et renforcer la confiance ne pourront se faire dans ces pays que grâce à l'éducation scientifique et au développement de compétences techniques que les parties prenantes devraient être en mesure de définir, de mettre en œuvre et de s'approprier.

Conclusion

Le monde dépend de plus en plus de la science et de ses applications aussi bien dans la vie quotidienne que dans ses perspectives à long terme. Bien que la confiance dans la science demeure élevée, les défis à relever sont graves et évoluent rapidement. En particulier, les décideurs politiques et les scientifiques doivent faire face à la désinformation qui se propage si facilement sur Internet. Les décideurs et les scientifiques devraient établir entre eux des contacts réguliers et efficaces afin d'assurer l'expertise nécessaire à l'analyse des problèmes et trouver des solutions aux principaux défis d'aujourd'hui et de demain. Les scientifiques devraient accorder une priorité élevée à l'établissement d'un véritable dialogue avec leurs concitoyens, au partage des progrès scientifiques avec eux, à la compréhension des préoccupations et des priorités du public et à la discussion des effets négatifs potentiels de la science et de la technologie. D'une manière générale, accroître la confiance dans la science exige un effort d'éducation et d'engagement qui doit être conduit à tous les niveaux pour améliorer la rationalité, la pensée critique, la connaissance des bénéfices attendus des recherches scientifiques, mais aussi parfois celle des risques associés.



Science and trust

Executive summary and recommendations

To reinforce trust in science, we recommend more comprehensive education about the scientific method; an improved dissemination of science to the public; communication modes that do not minimize doubts or exaggerate promises; a requirement for rigor and integrity from scientists; improvements in science assessment emphasizing quality and relevance; and better dialogue between scientists, social groups, and decision makers to inform choices about the major issues facing society.

The increasing pace of technological change, and the need for science and innovation contributions to solve local and global challenges requires societal trust in science. It is essential that we find ways to maintain and increase confidence in science. It is the responsibility of everyone, scientists, educators, the media and politicians to establish or maintain a relationship of informed trust between science and society.

Policy makers should encourage and scientists should commit to:

- Promote science education and an understanding of how research is conducted from elementary school onwards, to ensure that all students, both girls and boys, acquire a sufficient background to understand the world around them and the benefits of science.
- Cultivate dialogue, mutual trust and confidence between public, politicians and scientists to ensure that scientific input is considered in decision-making especially on topics of high scientific content.
- Ensure that the fundamental principles of ethics, integrity and responsibility are a major component of science education, to increase awareness of scientific responsibility and of the structures and policies that support it, including peer review and research ethics boards and transparency about potential conflicts of interest. Breaches of ethics and research integrity should be treated with full transparency and rigor to ensure that the misconduct of a few does not discredit the whole scientific endeavor.
- Ensure that the evaluation of science is based on criteria of quality, reproducibility, originality and relevance rather than on counts of publications, citations, or impact factors to avoid the race for publication that downgrades the value of scientific research and can lead to breaches in scientific integrity.

Introduction

The scientific method and scientific knowledge about humans, societies and the world around us has been one of the drivers of human life, and an undeniable source of progress for centuries. Scientific knowledge, with the growth of research and the technologies that accompany it, belongs to the

heritage of humanity, and has provided great benefits. However, in recent times there has been an apparent erosion in the level of public trust in science. As the global community faces increasing challenges, it is essential that we maintain a high level of confidence in science. Science has recently addressed major issues with broad implications for policies and economic interests, and the public and therefore politicians have not always made the choices based on scientific evidence.

Trust in science cannot be assumed. Thus, the scientific community, together with educators, journalists and politicians, must work together to strengthen and maintain an informed relationship of trust between science and society.

An in-depth understanding of the contribution of science to technical progress

Our era is exposed to a constant flow of scientific discoveries, inventions and innovations. Never before has the history of humanity witnessed such technological revolutions that affect all countries and sectors including communication, transport, the environment and health, the ability to read, understand and alter or edit genomes. Digital technologies and advances in machine learning are changing the science of data, while artificial intelligence is profoundly modifying everyday life. Science is addressing major global challenges including public health issues, dwindling natural resources, reduction in biodiversity and climate change. However, with scientific advances come new and unintended ethical questions. Understanding how technology works and the relationship of science to technology is becoming more difficult as the technology becomes more complex. While there is generally more reliance on technology, citizens may justifiably be taken aback by the accelerations of knowledge and its applications. It may be difficult for citizens to distinguish credible scientific information from unfounded claims, an urgent question because of the rapid dissemination enabled by digital technology with considerable expansion of fake news and pseudo science and their commercial or ideological exploitation. Although people frequently express doubts about scientific facts, they nevertheless often trust blindly in what they find from web searches because they are overconfident about technology, uncritical with respect to reliability of new sources and misled by the apparent validity of pseudo documents.

Building and maintaining a relationship of trust between science and society with respect and dialogue

In general, citizens trust science to solve the major problems of humanity, but their degree of trust varies considerably from country to country, depending on educational, social, economic, political, religious and historical factors, and on the area of science. Distrust in science may arise from a loss of confidence not so much in science itself but rather in the ability of scientists and experts to be forthright about sensitive societal or economic issues. Their conflicts of interest and integrity are questioned. In some cases, the perceived failure of the science community to address potential negative impacts of developments can be a source of mistrust. There are many other factors that may reduce trust in science: the lack of reproducibility of some published results, manipulation of science and information for ideological or commercial purposes, fraud, although rare and conflicts of interest; the tendency for risks that are generated by society itself to be more strongly questioned than natural risks; a growing level of distrust in many governmental institutions and agencies, fueled by the media and disseminated in a near viral manner on social networks; the production and spread of "fake news" feeding conspiracy theories that flourish on the internet and elsewhere. Moreover, distrust in science also often originates from ill-founded anxieties and insufficient training in science, numerical and abstract reasoning. Our societies may be tempted by a kind of skepticism, and cultural relativism that affects science and the voice of scientists. In the absence of critical thinking, doubt undermines societal confidence in science.

Science itself, however, includes a critical attitude that admits what we know at a given moment might be in itself refutable and revisable. Scientists are not always careful or successful in separating discussion of scientific understanding from personal political and social views.

Respect and dialogue between scientists and citizens are essential for building a relationship of trust. Opening up scientific data to public access may help, but this raises its own challenges, for example, for the established practices of scholarly publishing. Publications by non-profit organizations and

those in preprint servers should be considered as an alternative. Increased transparency can help to increase trust in science, together with the active participation of citizens in science development (see also the declaration on citizen science). Clearly, all of these aspects must be considered if we are to maintain and strengthen public trust in science and the scientific community.

Providing access to science for all through education

Young people must be made aware of scientific reasoning and rigour from a very early stage. A major effort should be made to teach the value of reasoning and rational thinking to schoolchildren, both girls and boys, starting at the elementary level. The practice of experimentation at a young age can be formative. Stimulating observation, methodically analyzing the results obtained and placing them in context are ways of developing a critical scientific mind. The rules of rigour and integrity must be reiterated throughout school and university education, and during researchers' careers.

Education must provide all young people with a foundation of scientific knowledge and convey the values of rigour and integrity that are inherent to science, so that they can distinguish between what emanates from opinions and beliefs (including from scientists) and what relies on scientific evidence and rigorous research. Of particular importance for a proper evaluation of scientific facts and technological risks are abstract and numerical reasoning skills in order to understand elusive concepts as probabilities, non-linear trends or unjustified generalizations. All educated citizens should be able to understand the principles of scientific reasoning and reject fake or distorted news conveyed by groups reflecting diverse interests and beliefs.

Promoting honest, ethical and responsible research

All new scientific contributions to knowledge, whether a discovery, insight, invention or innovation, require that the entirety of the evidence be reported truthfully. The public must be able to trust researchers and experts. Since funding, reputation and professional esteem are closely linked to the results of research, there may be undue pressure leading to poor quality or unethical science, with consequent implications for the reputation of the scientific community. A truncated, misdirected or falsified truth may have serious societal consequences and may cast lasting and unfounded suspicion on research and its goals. Scientists should be concerned by the ethical issues that shape their research questions and arise from their discoveries.

Citizens should be able to rely on the integrity and reliability of the scientific world and have access to rigorous and reliable information. The trust placed in scientific expertise depends on the quality of the experts, their objectivity and in appropriate management of conflicts of interest.

Increasing the quality of science dissemination

The entire knowledge-production chain is responsible for disseminating scientifically valid and high-quality information.

Researchers are responsible for making their research results accessible to an informed and specialized audience without overselling their results by minimizing doubts or exaggerating promises. Public authorities should support the creation of programs and events to ensure the high-quality dissemination of science.

Confidence in science is undermined by publications featuring limited or non-existent peer review. In recent years low-cost electronic journals offering rapid turnaround, with limited or non-existent peer review have enabled the publication of questionable research and downgraded the very notion of what constitutes an acceptable scientific publication. The open science approach recommends that evaluating scientists should be based upon a critical analysis of the content, originality and relevance of their work rather than parameters such as the number of papers published and the impact factor of the journals in which they appear. In brief, evaluation criteria should not rely exclusively on metrics but more on papers selected by the researchers themselves.

Trust in science will be augmented by improving the quality of publications and monitoring the reproducibility of the results and by ensuring that scientific publication is not compromised by commercial or ideological interests. The general public follows scientific news through different types

of media such as television broadcasts, the Internet and the press. It is essential to remind citizens that the timeline of science may be long, that scientific discoveries and progress are not always straightforward and cannot be produced on demand. Developing solutions to current problems does not follow a pre-determined schedule but often stems from research that breaks with so-called established ideas. The role of specialized journalists and the media in general is crucial and any initiative on their part to promote or improve the dissemination of scientifically valid knowledge should be supported. Moreover, methods to evaluate the credibility of informal information sources (e.g. web pages and blogs) should be developed and the accumulated credibility ratings of such sources should be documented and made public.

Involve scientists more in engaging with the public and decision-makers

Scientists, at all stages in their career, should be provided with guidance and lessons-learned from the many extensive efforts to engage and build relationships of trust, and encouraged to work interactively with citizens, journalists, and decision-makers. Young scientists can be an engine of reform and improvement. Trust is earned by sustained engagement, including learning about the concerns and priorities of the public and getting involved in the public debate, discussing, clarifying scientific arguments and providing information for decision making.

The participation of scientists in the dissemination of knowledge and the popularization of science is essential and requires specific training and encouragement to devote part of their time to public engagement and to disseminating knowledge. Such public engagement should be rewarded in evaluation and promotion processes. Progress needs to be made in the organization of debates on sensitive subjects that touch on science to ensure that the presence of scientists to listen and understand the concerns of citizens, and to counter unfounded arguments, beliefs, and false controversies. The dissemination of deliberately false news requires increased research on ways to combat their appearance and propagation.

Scientists and politicians are working on different time scales but it is important that both work closely together for the good of all society in the development of science-based policies. At all levels, from local to international, scientists should not just be positioned as expert consultants but should be actively engaged in the planning and decision-making processes. They can provide an irreplaceable long-term vision on subjects that politics and policy-making often only consider in the short term.

Conveying the message that science has a crucial role for tackling critical challenges facing humanity

The challenges facing humanity today are daunting. The world is increasingly dependent on science and its applications in everyday life as well as in its long-term perspectives. The absence of a demographic transition in many countries and the resulting increase in global population raise problems of energy supply, water availability, threats to marine ecosystems and coasts, accelerated extinction of species affecting the planet's biodiversity, global warming, land degradation and its impact on food security which have been precisely described by scientists. They warn us that urgent actions are needed to reduce anticipated risks. Addressing these major challenges will only be possible through a systematic understanding of options and consequences, further scientific advances, accelerated technological progress, innovation and the existence of a political will to implement them. This is of particular importance because humans now face a profoundly different situation than generations ago. In earlier times, the risks and advantages of technological developments were immediately apparent to individuals. Nowadays, many developments have remote consequences and delayed risks can only be comprehended by abstract reasoning and an analysis of anticipated trends based on scientific models.

The issues addressed here are even more relevant and challenging for developing countries that may not have the capacity to generate and apply scientifically validated information and deploy appropriate technology and engineering know-how. These countries have significant scientific potential and natural resources but lack the means to develop them. The roots of trust and mistrust

have a historical dimension, which makes the building of local capacity of critical importance. More generally, augmenting impact of science impact and building trust will only happen through scientific education and the development of technical skills that the stakeholders should be able to define, implement and make their own.

Conclusion

The world is increasingly dependent on science and its applications in everyday life as well as in its long-term perspectives. Although confidence in science remains high, there are serious and rapidly changing challenges. In particular, policy makers and scientists must contend with misinformation that is now easily spread on the Internet. Decision-makers and scientists should establish more regular and effective contact with each other to provide the needed expertise in analyzing and finding solutions to major current and future challenges. Scientists should give a high priority to establishing a genuine dialogue with their fellow citizens, sharing scientific advances with them, understanding public concerns and priorities, and discussing potential negative impacts of science and technology. In general, an educational and engagement effort should be made at all levels to achieve rationality, rigor and critical thinking, understanding of urgently needed benefits and any relevant risks inherent in science, to foster an informed relationship of trust in science.

Royal Society Canada



Chad Gaffield

Académie des sciences France



Pierre Corvol

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina Germany



Jörg Hacker

Accademia Nazionale dei Lincei Italy



Giorgio Parisi

Science Council Japan



Juichi Yamagiwa

Royal Society United Kingdom



Venkatraman «Venki» Ramakrishnan

National Academy of Sciences United States of America



Marcia McNutt

La Société royale du Canada
Maison Walter
282, rue Somerset ouest
Ottawa (Ontario) K2P 0J6
www.rsc-src.ca • 613-991-6990

The Royal Society of Canada
Walter House
282 Somerset Street West
Ottawa, Ontario K2P 0J6
www.rsc-src.ca • 613-991-6990