Environnement et Changement climatique Canada

Environment and Climate Change Canada

Science du climat 2050 :

Faire progresser la science et le savoir sur les changements climatiques

Canada

Environnement et Changement climatique Canada a eu l'honneur de diriger cette synthèse nationale, qui reflète les diverses voix au sein de la communauté canadienne des sciences et du savoir sur les changements climatiques. Nous espérons que ce document servira à entamer une conversation permanente pour faire progresser la science et le savoir sur les changements climatiques et, pour ultimement, prendre action.

N° de cat. : En4-414/2020F-PDF
ISBN : 978-0-660-36392-9

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu de cette publication, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite de l'administrateur du droit d'auteur d'Environnement et Changement climatique Canada. Si vous souhaitez obtenir du gouvernement du Canada les droits de reproduction du contenu à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne en communiquant avec :

Environnement et Changement climatique Canada
Centre de renseignements à la population
12e étage, édifice Fontaine
200, boulevard Sacré-Cœur
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Téléphone : 819-938-3860
Ligne sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)
Courriel : ec.enviroinfo.ec@canada.ca

Photos : © Environnement et Changement climatique Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2020

Also available in English

Table des matières

Sommaire exécutif 1

Introduction 4

Encadré 1. La participation et le leadership du gouvernement du Canada dans la science internationale des changements climatiques 7

Parcours ayant mené à SC2050 7

Principes directeurs 8

Encadré 2. Synergies entre les changements climatiques et le développement durable 9

La science et le savoir sur les changements climatiques sous la direction des autochtones 10

L'importance des espaces autochtones dans la science des changements climatiques 10

Encadré 3. Créer un espace : promouvoir la participation, le savoir et les droits des peuples autochtones dans le cadre des discussions internationales sur le climat 11

Mobiliser le leadership et la participation des autochtones dans la science et la savoir sur les changements climatiques 11

Une nouvelle optique : intégrer le savoir autochtone dans la mise en œuvre de SC2050 13

Encadré 4. Extrait de la Stratégie nationale inuite sur les changements climatiques de l'Inuit Tapiriit Kanatami 14

Synthèse et mobilisation des connaissances 15

Besoins en matière de science et de savoir 16

Faire progresser la science du climat du système terrestre 18

Encadré 5. Attribution des événements 20

Des Canadiens, des communautés et des environnements bâtis en santé et résilients 21

Développer une compréhension intersectionnelle de la vulnérabilité et de la résilience basée sur le lieu 21

Soutenir la santé des Canadiens et la résilience des systèmes de santé 22

Encadré 6. Comprendre les conséquences des changements climatiques sur la santé mentale 24

Construire des communautés et des infrastructures résistantes au climat 25
Encadré 7. Inondations : comprendre le risque et la résilience 27
Comprendre les impacts du climat sur le commerce, les migrations, le développement et la gouvernance 28

Une société neutre en carbone 29
Accélérer le changement social et comportemental 30
Déterminer les voies de la décarbonisation 31
Protéger et améliorer nos puits de carbone 33
Comprendre les aspects économiques de la neutralité en carbone 34
Encadré 8. Des technologies propres pour des solutions climatiques 35

Des écosystèmes terrestres et aquatiques résilients 36
Comprendre les effets des changements climatiques sur la biodiversité et les écosystèmes 36
Aider les espèces et les écosystèmes à s'adapter aux changements climatiques 37
Travailler avec la nature pour faire avancer l'action climatique 38
Encadré 9. Guider les mesures urgentes à prendre en matière de changements climatiques et de perte de biodiversité 39

Ressources naturelles durables 40
Comprendre les risques pour les secteurs des ressources naturelles 41
Encadré 10. Garantir la sécurité et la salubrité des aliments et de l'eau pour les Canadiens 41
Faire progresser une compréhension et une évaluation intégrées des ressources naturelles 42
Permettre une action climatique dans les secteurs des ressources naturelles au Canada 43
Encadré 11. Considérations sur l'Arctique et le Nord 45

Capacité de base 46

Suivi et observations 46
Encadré 12. Le rôle de l'observation spatiale de la Terre pour la connaissance du climat 48

Infrastructure numérique 48

Science ouverte 49

Aller de l'avant 50

Annexe 1 – L'état de la science du climat 52
Annexe 2 – Synthèse des connaissances et possibilités de mobilisation 55
Annexe 3 – Besoins en matière de sciences et de savoir 59
Annexe 4 – Vignettes « la science en action » 70

Sommaire exécutif

La science et le savoir sont essentiels pour orienter les mesures rapides et ambitieuses nécessaires à la construction d'un Canada résilient et neutre en carbone. L'ampleur et la complexité de la science et des connaissances requises pour relever ce défi exigent une collaboration entre les disciplines, les secteurs, les communautés et les organismes de recherche. *Science du climat 2050 : Faire progresser la science et le savoir sur les changements climatiques* (SC2050) est une synthèse nationale permettant de mieux comprendre l'étendue des besoins en matière de science et de connaissances du changement climatique au Canada. SC2050 permet aussi de guider les entités qui produisent, détiennent, et financent le savoir scientifique et les connaissances dans leurs efforts de collaboration et d'interdisciplinarité nécessaires pour éclairer les mesures de lutte contre les changements climatiques. SC2050 englobe les sciences naturelles, sociales et de la santé et reconnaît la nécessité de mobiliser tout l'éventail de leadership, de participation et de systèmes de savoir autochtones. Alors que la science des changements climatiques s'est traditionnellement concentrée sur les sciences naturelles, SC2050 reconnaît la nécessité d'élever le rôle des sciences sociales et comportementales, car elles ont d'importantes contributions à apporter pour éclairer la transformation que doit connaître la société canadienne.

Bien que SC2050 met en évidence de nombreux besoins en matière de science et de savoir, il existe déjà une solide base de connaissances sur laquelle s'appuyer. L'urgence du défi que représentent les changements climatiques signifie que les décideurs ne doivent pas et ne peuvent pas attendre que toutes les données scientifiques soient disponibles avant d'agir. La lutte contre les changements climatiques doit se poursuivre parallèlement aux activités de recherche, en s'appuyant sur les connaissances existantes et en intégrant les nouvelles connaissances à mesure qu'elles deviennent disponibles. Ainsi, la synthèse et la mobilisation des connaissances (y compris le dialogue qu'elles établissent entre les créateurs, les détenteurs et les utilisateurs de connaissances) sont des éléments clés de SC2050. Elles garantiront que les décideurs disposent des meilleures connaissances disponibles et que les efforts de recherche restent alignés sur les besoins des utilisateurs. Ces efforts pourraient inclure des évaluations scientifiques et des évaluations des risques, des portails de connaissances et des études de cas, et bénéficieront de l'augmentation du savoir scientifique et des compétences professionnelles en matière de changements climatiques.

Étant donné l'ampleur et l'urgence du défi, et la nature omniprésente des impacts des changements climatiques, la réponse aux besoins en matière de science et du savoir décrits dans SC2050 nécessitera une approche de plus en plus intégrée pour faire progresser de multiples priorités en parallèle. Cette visée tirera également profit de l'adoption de nouvelles approches participatives en matière de recherche et de développement des connaissances (par exemple, l'expérimentation, l'apprentissage par la pratique, la coproduction) et de la prise en compte respectueuse des savoirs autochtones. Les besoins en matière de science et de savoir qu'englobe le SC2050 sont organisés en quatre résultats, auxquels s'ajoute un cinquième domaine de travail – la science du climat du système terrestre – qui représentent les fondements essentiels.

La science du climat du système terrestre – Il faut mener des travaux pour réduire les incertitudes liées à l'ampleur, au rythme et aux impacts des changements futurs et à la prévision des extrêmes climatiques, des inondations, des sécheresses et des incendies de forêt. Ces recherches permettront de mieux comprendre l'effet des changements climatiques sur le pergélisol, les glaciers, les océans, la glace (mer, rivière, lac) et l'eau douce. Il est également essentiel de fournir des informations sectorielles plus détaillées et mieux adaptées. Des recherches sont également nécessaires pour évaluer l'efficacité des efforts d'atténuation (par exemple, les agents de forçage climatique de courte durée, la géo-ingénierie).

Des Canadiens, des communautés et des environnements bâtis en bonne santé et résilients – Le développement d'une compréhension nuancée de la vulnérabilité, de la résilience et de l'autonomisation,

et de la manière dont celles-ci varient selon les régions et les groupes, contribuera à garantir l'efficacité des mesures déployées pour renforcer la santé et la résilience. Il faut également travailler à protéger et à améliorer la santé et le bien-être des Canadiens et à accroître la résilience des systèmes de santé, notamment en comprenant mieux les risques sanitaires liés au climat, en établissant des liens avec les mesures prises dans d'autres secteurs (par exemple, les transports, l'urbanisme) et en menant des interventions novatrices et évolutives qui maximisent la résilience et permettent d'inciter le changement de comportement. La construction de communautés et d'infrastructures résistantes au climat bénéficiera de la recherche sur les infrastructures naturelles, la conception des communautés, la valeur et les avantages connexes des solutions d'infrastructures résistantes et les systèmes d'infrastructures essentiels (par exemple, énergie, eau, transport). Il est également nécessaire de comprendre les impacts du climat sur la gouvernance, le commerce, les schémas migratoires mondiaux ainsi que le développement et l'aide internationale.

Une société neutre en carbone – L'accélération du changement transformationnel nécessaire pour atteindre et dépasser l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) du Canada pour 2030 dans le cadre de l'Accord de Paris et atteindre la carboneutralité d'ici 2050 nécessitera une meilleure compréhension de l'aspect social et comportemental de la décarbonisation. Les recherches visant à comprendre les voies de décarbonisation seront précieuses, notamment les travaux liés à une transition juste et aux aspects économiques de la neutralité en carbone. La décarbonisation du secteur énergétique est un domaine de recherche clé, tout comme les travaux visant à comprendre le potentiel d'atténuation des approches de construction et de gestion des infrastructures. Dans le cadre de la transition vers la carboneutralité, il faut mener des recherches pour protéger et améliorer les puits de carbone terrestres et aquatiques, ce qui passe par la science fondamentale du cycle du carbone jusqu'à la recherche visant à élaborer des leviers socio économiques et de meilleures pratiques.

Des écosystèmes terrestres et aquatiques résilients – Pour que les écosystèmes du Canada restent sains et résilients, il faut réaliser des recherches pour améliorer notre compréhension de base des effets des changements climatiques sur les processus qui sous-tendent des écosystèmes sains, la sensibilité, la résilience et la capacité d'adaptation des espèces et des écosystèmes, ainsi que les effets de l'évolution des facteurs de stress et leur impact cumulatif sur la biodiversité et les écosystèmes. Des travaux seront également nécessaires pour anticiper et minimiser les menaces pesant sur les espèces et les écosystèmes vulnérables, ainsi que des efforts pour développer et tester des mesures d'adaptation. La nature peut également être un allié puissant dans la lutte contre les changements climatiques, et il faut s'efforcer de combler les lacunes dans les connaissances liées à l'établissement et au déploiement de solutions basées sur la nature, telles que la recherche sur les effets négatifs potentiels, les évaluations et l'importance relative accordée aux aspects socio-économiques et culturels, et l'impact des événements extrêmes sur ces solutions lorsqu'elles sont mises en œuvre.

Ressources naturelles durables – Pour aider les secteurs de l'agriculture, de la foresterie, de la pêche, de la gestion de l'eau, de l'exploitation minière et de l'énergie, ainsi que les modes de vie traditionnels liés à ces industries, à rester résistants et productifs face aux changements climatiques, il faut mieux comprendre les risques que posent les changements climatiques (par exemple, les événements extrêmes, la disponibilité de l'eau, les organismes nuisibles, les maladies, les espèces envahissantes). En attendant, alors que certaines communautés basées sur les ressources naturelles vivent une transition juste, la recherche en sciences sociales peut aider à comprendre les impacts sociaux, culturels et économiques de cette transformation. En outre, une compréhension intégrée des objectifs et des possibilités en matière de ressources naturelles et de milieux terrestres et aquatiques permettra de maximiser les avantages connexes (par exemple, faire progresser simultanément la séquestration de carbone, la santé, l'énergie et la sécurité alimentaire). Les secteurs des ressources naturelles du Canada bénéficieront également de la recherche pour éclairer les pratiques durables et adaptées au climat.

Trois domaines clés de la capacité de base sont essentiels pour soutenir le travail relatif à tous les besoins en matière de science et de savoir identifiés dans le SC2050. Qu'elles soient effectuées au sol ou par satellite, les activités de suivi et de surveillance restent essentielles pour fournir une connaissance de la situation, évaluer les changements, orienter les actions et mesurer les progrès. L'ampleur et la diversité des données et des connaissances sur les changements climatiques nécessiteront des progrès en matière d'infrastructure numérique (par exemple, le stockage et la gestion des données, le calcul haute performance), notamment en ce qui a trait aux outils de gestion, d'extraction, de manipulation, de visualisation, de normalisation et d'interopérabilité des données. Enfin, en veillant à ce que la science des changements climatiques soit ouverte et accessible, on accroîtra la transparence, on maximisera les investissements et on accélérera les progrès.

SC2050 représente une occasion de prendre des décisions délibérées sur les activités et le financement de la science et du savoir sur le changement climatique au Canada, qui seront essentielles pour s'orienter vers une société résiliente et neutre en carbone.

BESOINS EN MATIÈRE DE SCIENCE ET DE SAVOIR

La science du climat du système terrestre

Processus biogéochimiques et hydrologiques
Pergélisol, glaciers, glace de mer, de lac ou de rivière, océans, eau douce
Efficacité des mesures d'atténuation
Extrêmes climatiques
Stratégies de réduction d'échelle

Des canadiens, des communautés et des environnements bâtis sains et résilients

Compréhension intersectorielle basée sur le lieu
Canadiens en bonne santé et systèmes de santé résilients
Communautés et infrastructures résistantes au climat
Commerce, migrations, développement, gouvernance

Une société neutre en carbone

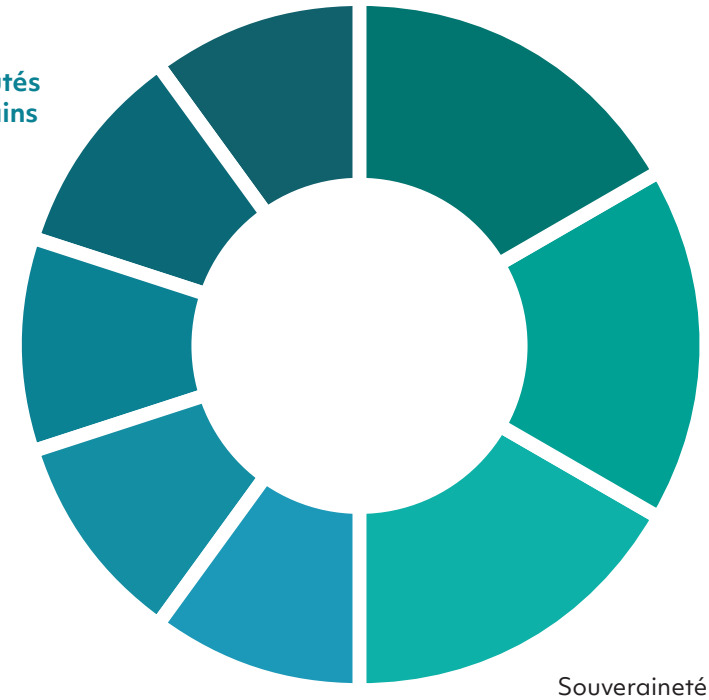
Progrès social et nouveaux comportements
Progrès vers la décarbonisation
Puits de carbone
Notions économiques de la neutralité carbone

Des écosystèmes terrestres et aquatiques résistants

Impacts du climat sur la biodiversité
Adaptation des espèces et des écosystèmes
Solutions climatiques fondées sur la nature

Ressources naturelles durables

Risques pour les secteurs des ressources naturelles
Compréhension et évaluation intégrées
La lutte contre le changement climatique



CAPACITÉ DE BASE

Suivi et observations

Réseaux élargis
Approches novatrices
Protocoles normalisés
Ensembles de données intégrés

Infrastructure numérique

Gestion et entreposage de données
Calcul de haute performance
Intégration des données
Outils de manipulation, de visualisation, etc.

Science ouverte

Données FAIR
Souveraineté des données autochtones
Publications ouvertes

Introduction

Les changements climatiques sont réels; nous en voyons les preuves partout au Canada, et un réchauffement supplémentaire ainsi que d'autres changements climatiques sont inévitables[1].

L'ampleur et l'urgence du défi que représentent les changements climatiques ne peuvent être sous-estimées. L'économie, les infrastructures, l'environnement, la santé et le bien-être social et culturel du Canada en subissent déjà les conséquences, bien que ces impacts ne soient pas ressentis au même degré par tous les Canadiens. En réponse, la Chambre des communes du Canada a déclaré une urgence climatique nationale en juin 2019. Nombre de ces impacts se poursuivront même si l'objectif de température fixé dans l'Accord de Paris[2] est atteint, et les engagements actuels de réduction des émissions dans le cadre de l'accord ont été collectivement évalués comme étant insuffisants pour que cet objectif soit atteint. Cela souligne non seulement la nécessité d'un effort concerté pour s'adapter à ces impacts, réduire les risques et les vulnérabilités et renforcer la résilience, mais aussi la nécessité pour le Canada et d'autres pays d'accroître leur niveau d'ambition pour atteindre la carboneutralité et stabiliser la température pour éviter de nouveaux dommages.

Alors que nous augmentons la vitesse et l'ambition de notre action en matière de climat, la science et le savoir joueront un rôle essentiel en nous aidant à nous y retrouver à travers les recoupements, les synergies et les compromis complexes inhérents à la construction d'un Canada prospère, résistant au climat, neutre en carbone et juste et équitable. Le consensus scientifique quant à la nature anthropique des changements climatiques ne signifie pas que la science des changements climatiques n'est plus nécessaire. C'est tout le contraire. Une science et un savoir soutenus, synthétisés et inclusifs nous permettront de comprendre ce qui attend le Canada et le monde, d'évaluer les risques, de prendre des mesures éclairées et ambitieuses et de suivre nos progrès par rapport à des jalons établis. Cela suppose une meilleure compréhension du système climatique et des systèmes sociaux qui sous-tendent l'action. Cela comprend également les sciences et l'innovation nécessaires pour continuer à développer les approches qui seront essentielles pour faire face aux changements climatiques – des technologies propres aux solutions climatiques basées sur la nature en passant par des infrastructures résistantes et à faible émission de carbone – et pour s'assurer qu'elles sont appliquées, suivies et évaluées de la manière la plus efficace possible.

Aucune discipline, aucun secteur, aucun ordre de gouvernement, aucune communauté ni aucun organisme de recherche ne peut à lui seul porter l'étendue ou la complexité de la science et du savoir requis pour relever le défi des changements climatiques. Les compétences, les connaissances, l'expérience et les ressources requises sont importantes et variées. Une large collaboration interdisciplinaire est essentielle, notamment pour faire progresser la science et le savoir qui éclaireront les efforts d'atténuation et d'adaptation intégrés et coordonnés. En outre, l'inclusion du leadership et du savoir des Premières Nations, des Métis et des Inuits, dans le respect de leur souveraineté et de leur propriété sur leurs connaissances et leurs données, sera un élément crucial d'une stratégie résiliente et adaptative au réchauffement climatique.

Le document *Science du climat 2050 : Faire progresser la science et le savoir sur les changements climatiques* (SC2050) est conçu pour soutenir et guider ces efforts collaboratifs et interdisciplinaires. Il englobe les sciences naturelles, sociales (y compris l'économie) et de la santé. Il existe déjà une vaste base de travail scientifique sur laquelle s'appuyer, comme le montrent le Rapport sur le climat changeant du Canada, le rapport du Conseil des académies canadiennes intitulé Principaux risques des changements climatiques pour le Canada et les travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), pour n'en citer que quelques-uns (pour un aperçu de l'état de la science des changements climatiques au Canada, voir l'annexe 1).

[1] Bush, E. et Lemmen, D.S., éditeurs (2019) : *Rapport sur le climat changeant du Canada*, gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario.

[2] Maintenir l'augmentation de la température mondiale moyenne bien en dessous de 2°C par rapport aux niveaux préindustriels et poursuivre les efforts pour limiter l'augmentation de la température à 1,5 °C.

SC2050 est une initiative tournée vers l'avenir, qui s'appuie sur ce savoir et s'aligne sur les efforts et les priorités actuels en matière d'atténuation et d'adaptation. Alors que SC2050 met en évidence un large éventail de besoins en matière de science et de savoir, l'action en faveur du climat peut et doit être menée en parallèle, en s'appuyant sur l'ensemble des connaissances existantes et en intégrant les nouvelles connaissances au fur et à mesure de leur émergence.

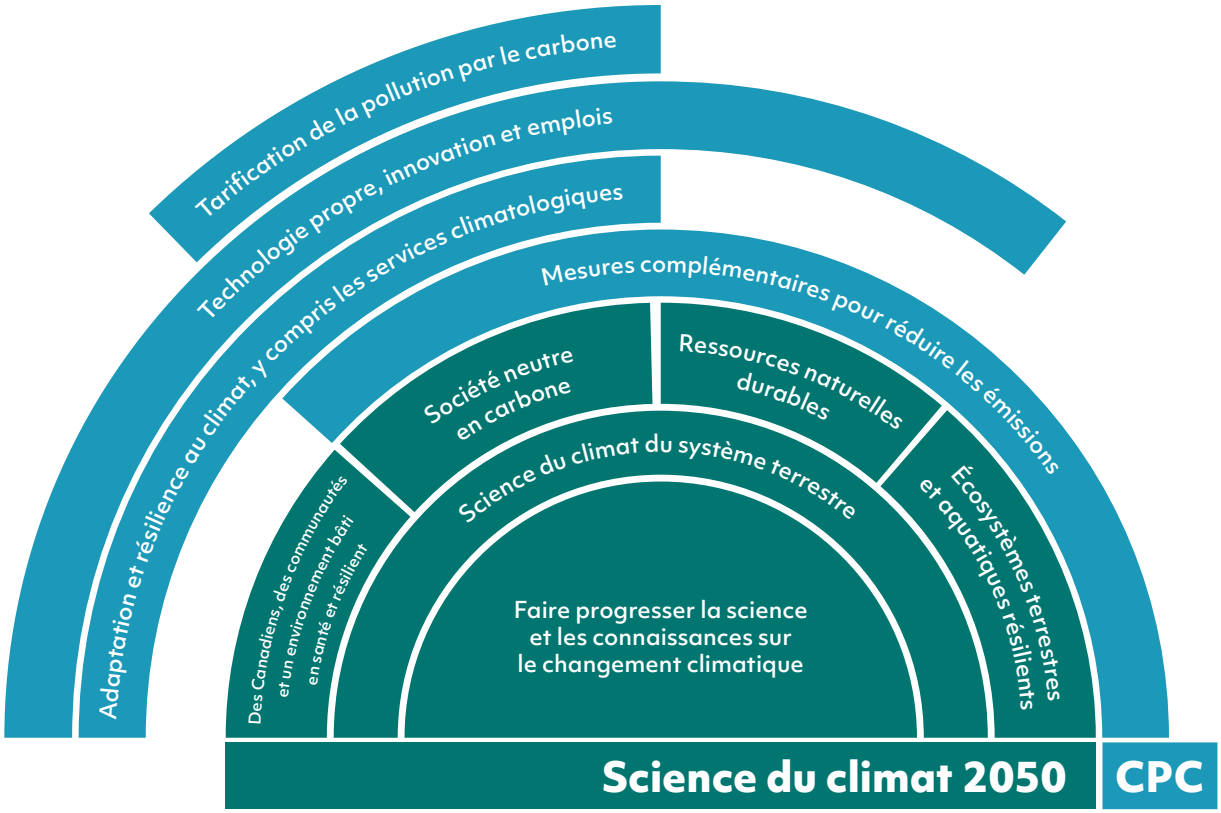
En tant que synthèse nationale des besoins et des lacunes de la science et le savoir canadien sur le climat, l'objectif principal de SC2050 est de guider la planification, l'investissement et la mise en œuvre des diverses entités canadiennes qui produisent, détiennent, et financent la science et le savoir sur les changements climatiques. Cela inclut les gouvernements de tous les niveaux, les nations, communautés et organisations autochtones, un large éventail de disciplines universitaires, le secteur privé, les organisations non gouvernementales et la société civile. Un autre objectif est de faciliter l'intégration de la science et du savoir sur les changements climatiques afin que celles-ci soient prises en considération par défaut dans la prise de décision dans tous les secteurs et communautés, ainsi que dans la planification de la recherche. La synthèse et la mobilisation des connaissances faciliteront cette intégration et rendront ces efforts tout aussi importants que la production de connaissances. Bien que la prise de décision et de mesures (par exemple, les systèmes d'aide à la décision, les services, les politiques, les réglementations) soit cruciale et s'appuie sur les connaissances générées dans le cadre du projet SC2050, elle n'entre pas dans son champ d'application.

Dans l'ensemble, les besoins en matière de science et de savoir mis en évidence dans le document SC2050 sont organisés en fonction de quatre grands résultats qu'ils soutiennent, tous rendus possibles par les progrès réalisés dans un cinquième domaine de travail : la science du climat du système terrestre. Ces résultats sont les suivants :

- des Canadiens, des communautés et des environnements bâtis en santé et résilients;
- une société neutre en carbone;
- des écosystèmes terrestres et aquatiques résilients;
- des ressources naturelles durables.

Plusieurs des besoins en matière de sciences et de savoir ciblés dans ces domaines démontrent la nécessité de l'interdisciplinarité pour faire avancer les travaux sur plusieurs fronts simultanément et, ce faisant, aider à combler les lacunes en matière de connaissances intersectionnelles auxquelles sont confrontés les décideurs. En plus de mettre l'accent sur l'interdisciplinarité, il sera essentiel d'intégrer davantage les sciences sociales et comportementales dans le dialogue scientifique sur les changements climatiques afin de faire progresser les travaux dans tous les domaines de résultats et de renforcer l'action.

Les résultats qui constituent la structure organisationnelle du document SC2050 sont conformes aux objectifs de bon nombre des stratégies et plans fondamentaux en matière de changements climatiques qui forment la toile de fond politique du SC2050. Au niveau fédéral, cela inclut le Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques et SC2050 peut être vu comme un pilier scientifique complémentaire du Cadre. Toutefois, le paysage politique est beaucoup plus vaste. SC2050 est destiné à soutenir les objectifs d'autres plans et stratégies gouvernementaux, autochtones et sectoriels en matière de changements climatiques, en orientant la mise en œuvre en cours des plans existants et en servant de base aux futurs plans et actions climatiques à court terme pour le milieu du siècle et au-delà. Il soutient également les obligations du Canada, par exemple en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*, et de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, de mener des activités de recherches, de surveillance et de reddition de comptes en matière de changements climatiques.



Même si le projet SC2050 contribuera à concentrer les efforts collectifs au Canada, il est important de reconnaître que les changements climatiques sont un phénomène mondial qui nécessitera une collaboration et des activités au-delà des frontières canadiennes. Les travaux proposés par SC2050 permettront au Canada de continuer à jouer un rôle de premier plan et à participer aux efforts scientifiques internationaux en matière de changements climatiques. Cela nous permettra de tirer parti de la science internationale pour renforcer la capacité de recherche du Canada et contribuer à faire progresser la science et le savoir d'une manière qui reflète la nature mondiale des changements climatiques.

ENCADRÉ 1. LA PARTICIPATION ET LE LEADERSHIP DU GOUVERNEMENT DU CANADA DANS LA SCIENCE INTERNATIONALE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

La science des changements climatiques du gouvernement du Canada est intégrée et contribue à un large éventail d'efforts internationaux. Les scientifiques canadiens apportent une contribution importante aux rapports du GIEC, ainsi qu'à d'autres synthèses internationales, telles que celles du Conseil de l'Arctique. Les recherches canadiennes en matière de modélisation et d'analyse des données climatiques entreprises dans le cadre du Programme mondial de recherche sur le climat et du programme climatique de l'Organisation mondiale de la météorologie permettent au Canada de contribuer et d'accéder aux connaissances de pointe sur notre système climatique.

Les scientifiques canadiens jouent un rôle de premier plan dans les efforts de recherche internationaux visant à surveiller et à modéliser une grande variété d'aspects du système climatique mondial, tels que la glace de mer et les flux d'eau douce de l'Arctique, la couverture neigeuse et les polluants climatiques à courte durée de vie. Le Canada est membre du réseau du Groupe intergouvernemental sur l'observation de la Terre, qui a pour mandat de recueillir des données d'observation de la Terre (OT) et de fournir des données d'OT ouvertes à l'appui des objectifs de développement durable de l'Organisation des Nations Unies (ONU), du Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (RRC), du Système de comptabilité économique et environnementale intégrée de l'ONU et de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Les observations recueillies et conservées par les réseaux canadiens alimentent des bases de données internationales, telles que l'ensemble de données mondiales sur la neige de l'initiative sur les changements climatiques de l'Agence spatiale européenne et la base du Global Runoff Data Centre sur le ruissellement des cours d'eau. Le Canada possède également l'un des trois programmes mondiaux servant à la comparaison entre les pays afin d'assurer l'uniformité de la surveillance mondiale des GES atmosphériques.

Parcours ayant mené à SC2050

Lors de l'élaboration deSC2050, Environnement et Changement climatique Canada a organisé des discussions avec un éventail de partenaires et d'intervenants afin de s'assurer que la synthèse des connaissances sur les changements climatiques, la mobilisation et les besoins de recherche cernés ici reflètent la diversité des perspectives représentées par les entités canadiennes qui produisent, détiennent, et financent le savoir scientifique et les connaissances sur les changements climatiques. Les efforts de mobilisation ont inclus une enquête de détermination de la portée (novembre 2018) envoyée à environ 200 producteurs et utilisateurs de science et de savoir, destinée à déterminer les lacunes à court et moyen terme et un atelier national (février 2019) qui a réuni plus de 100 experts de divers secteurs et disciplines, où ceux-ci ont discuté des priorités de la science et du savoir et des possibilités de collaboration et de mobilisation des connaissances. En outre, deux ateliers d'experts ciblés (tous deux en juin 2019), qui ont porté sur le pergélisol et sur la science du cycle du carbone et les politiques connexes, ont contribué à ce travail. Ces efforts ont été complétés par une série de discussions bilatérales avec les principaux partenaires et parties prenantes.

La publication de SC2050 ne marque pas la fin de ces conversations. À titre de synthèse, il crée une base pour l'identification des priorités clés qui peuvent être utilisées pour concentrer l'expertise collective de la communauté canadienne des sciences et du savoir sur les changements climatiques. Il sert également de tremplin à une conversation continue sur la science du changement climatique, qui évoluera avec les progrès de notre compréhension de notre monde qui se réchauffe et à mesure que de nouvelles questions, défis et opportunités émergent. Ensemble, ces efforts contribueront à façonner les orientations futures de la recherche.

Principes directeurs

Plusieurs principes guideront la mise en œuvre de SC2050, étant donné qu'il s'agira d'un processus continu demandant la participation d'une série d'acteurs et de disciplines. Alors que le document SC2050 fournit des orientations sur les *éléments* qui devraient être prioritaire, les principes ci-dessous offrent une orientation sur la *manière* dont la synthèse des connaissances, la mobilisation et les activités de recherche peuvent s'appuyer sur les connaissances et la compréhension existantes d'une manière respectueuse, inclusive et interdisciplinaire qui profite à tous les Canadiens.

- Assurer l'**équité des divers systèmes de savoir**, en accordant de la place au leadership et à l'innovation autochtones, et en reconnaissant que le savoir autochtone est un réseau distinct de systèmes de savoir qui ne peut pas être intégré à la science occidentale, mais qu'il existe des espaces où les deux peuvent coexister et cogénérer des connaissances.
- Favoriser l'**autodétermination des autochtones dans la recherche** afin de soutenir une approche de la recherche sur les changements climatiques qui soit holistique, adaptée au lieu et souple, et qui respecte la souveraineté et la propriété des données et du savoir autochtones.
- Adopter l'**interdisciplinarité** pour produire une science et un savoir qui reflètent la complexité et les interconnexions inhérentes aux changements climatiques et qui englobent différents systèmes d'affinités et de relations avec la terre.
- Mettre l'accent sur la **collaboration** entre les générations, les disciplines, les secteurs, les ordres de gouvernement, les organisations et les régions afin de rassembler un éventail d'expériences, de perspectives et de domaines d'expertise.
- Adopter une **approche souple et adaptative** dans les activités scientifiques et de savoir afin de répondre aux nouvelles priorités, aux nouveaux défis et aux nouvelles opportunités.
- Appliquer une optique **intersectionnelle** qui tient compte des recoupements entre les changements climatiques et divers facteurs d'identité (par exemple, la race, la classe, le sexe) pour que des solutions visant à contrer à la fois les changements climatiques et l'inégalité puissent être élaborées, que les obstacles systématiques soient éliminés et que le bien-être soit favorisé.
- Répondre aux contextes, besoins, priorités, protocoles, cultures et modes de savoir **locaux et régionaux**, en impliquant les communautés touchées par la recherche pour que les mesures d'adaptation et d'atténuation soient adaptées et efficaces.
- Envisager l'**atténuation des changements climatiques, l'adaptation à ceux-ci et le développement durable** de manière intégrée afin de maximiser les avantages connexes et d'éviter les actions mal adaptées.

ENCADRÉ 2. SYNERGIES ENTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Les changements climatiques constituent une menace importante pour le développement durable. En 2015, les Nations Unies ont adopté trois cadres multilatéraux qui, ensemble, reflètent les liens importants entre les changements climatiques et d'autres questions environnementales, sociales et économiques :

- le Programme de développement durable à l'horizon 2030, qui définit 17 objectifs de développement durable (ODD),
- le Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe, qui a défini sept objectifs pour mieux faire face aux catastrophes (y compris « reconstruire en mieux »), et
- l'Accord de Paris, qui vise à renforcer la réponse mondiale aux changements climatiques, en tenant compte de l'équité et du développement durable.

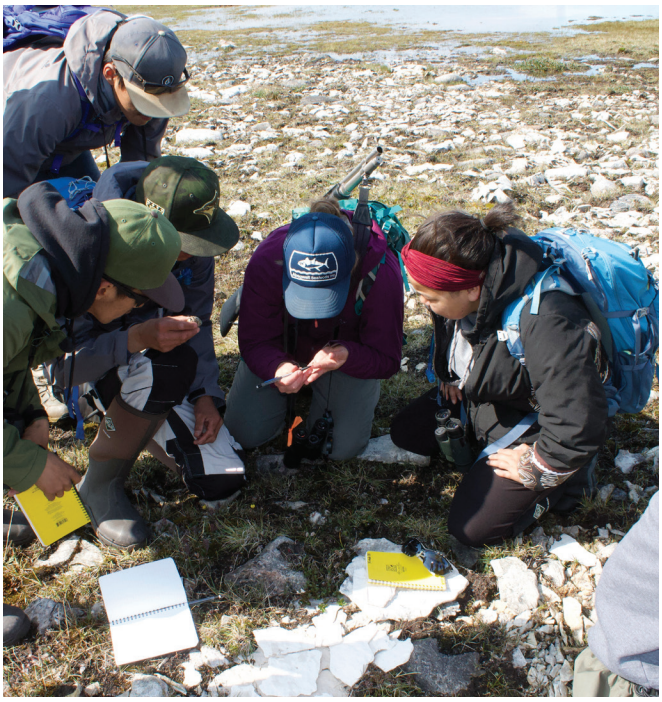
Le Rapport spécial sur un réchauffement de 1,5°C du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat note que les voies d'atténuation et d'adaptation compatibles avec la limitation du réchauffement à 1,5°C sont associées à de multiples synergies et compromis entre les ODD. La réponse nette, cependant, est déterminée par le rythme et l'ampleur des changements, le choix de la voie d'action climatique et la manière dont les sociétés gèrent la transition. Actuellement, les synergies les plus solides à l'échelle mondiale sont associées aux ODD pour la santé, l'énergie propre, les villes et les communautés, la croissance économique et les infrastructures. Inversement, les compromis probables de l'action climatique sont liés aux ODD relatifs à la pauvreté, à la faim, à l'eau propre et à la vie terrestre et sous-marine. Il faut mener des recherches pour comprendre l'impact net de l'action climatique sur les ODD et élaborer des stratégies pour promouvoir les synergies et atténuer les compromis.

Il est important de souligner le manque de reconnaissance de l'impact de l'action climatique sur les populations pauvres et vulnérables. Un engagement clé du développement durable est le concept de « ne laisser personne derrière », qui s'étend à plusieurs ODD. L'action climatique canadienne doit tenir compte de ses impacts sur tous les peuples et adhérer aux principes d'équité, de justice et de transition juste.

Globalement, l'action contre les changements climatiques et le développement durable sont étroitement liés : l'action sur l'un peut contribuer à faire progresser la réalisation de l'autre, et de même, l'inaction sur l'un peut compromettre la réalisation de l'autre. Il existe une forte concordance entre les priorités de la recherche sur les changements climatiques et les ODD. Situer la recherche sur les changements climatiques dans le contexte socio-économique plus large du développement durable peut faire avancer les deux objectifs et contribuer à l'intégration de la science et du savoir sur les changements climatiques.

La science et le savoir sur les changements climatiques sous la direction des autochtones

L'importance des espaces autochtones dans la science des changements climatiques



Il faut s'assurer qu'il existe, dans le cadre de la recherche et la production de connaissances sur les changements climatiques, des espaces à la fois physiques et conceptuels qui soutiennent l'inclusion et le leadership des peuples, des chercheurs et des aînés autochtones ainsi que des systèmes de savoir autochtones. Depuis des temps immémoriaux, les peuples autochtones sont les gardiens des terres, des eaux et des glaces. Les systèmes de savoir autochtones, fondés sur des générations de relations, d'observation, de compréhension et de vie sur la terre, ne sont pas statiques et continuent à évoluer et à se développer. Ces systèmes de savoir sont essentiels pour identifier les conditions environnementales changeantes et s'y adapter. Alors que les Premières Nations, les Métis et les Inuits sont touchés de manière disproportionnée par les effets des changements climatiques, ils apportent une contribution essentielle à la science et au savoir sur les changements climatiques.

Malgré leurs relations de longue date avec la terre, l'eau et la glace, les peuples autochtones ont été marginalisés par les pratiques de recherche scientifique occidentale et les politiques coloniales. Les Premières Nations, les Métis et les Inuits ont des relations uniques avec la terre, l'eau et la glace, distinctes de celles des autres Canadiens. La reconnaissance et l'affirmation des droits ancestraux et des droits issus de traités par l'article 35 de la *Loi constitutionnelle de 1982* en sont le reflet. Il est donc essentiel que les voix, les visions du monde et les connaissances de ceux-ci soient prises en compte dans les décisions relatives à la science et au savoir sur les changements climatiques. Bien que les peuples autochtones du Canada partagent certaines expériences et valeurs, il est essentiel de reconnaître les distinctions entre ces groupes pour comprendre et respecter leur diversité. Il est fondamental de respecter leurs structures de gouvernance et leurs connaissances distinctes pour garantir une approche appropriée des sciences et de la recherche sur le changement climatique.

La mobilisation des systèmes de savoir autochtones dans la recherche et la prise de décision sur les changements climatiques permet au Canada de mieux répondre aux changements climatiques et contribue au maintien et à la revitalisation de la culture, à la sécurité alimentaire et hydrique, à la cogestion des ressources, à la santé des terres et des eaux, au développement économique, aux infrastructures communautaires, à la santé et au bien-être. La recherche menée par les autochtones génère des données et des preuves cruciales et pertinentes pour la prise de décision à différentes échelles. Il s'agit d'une étape importante vers la réconciliation, la souveraineté autochtone, l'autodétermination et la mise en œuvre au Canada de la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones.

Le codéveloppement équitable et respectueux de la recherche et des savoir sur les changements climatiques impliquant de multiples systèmes de savoir peut également servir de mécanisme permettant de favoriser des partenariats significatifs à long terme entre les chercheurs et les partenaires autochtones. Cela permet à la recherche canadienne de mieux répondre aux besoins et aux intérêts uniques et distincts des communautés des Premières Nations, des Métis et des Inuits en matière de recherche. Le renforcement de l'inclusion du savoir autochtone – tout en respectant la propriété et le contrôle des peuples autochtones sur leur savoir, leurs données et leurs informations – et l'innovation par le biais de ces partenariats peuvent soutenir les droits et les intérêts inhérents des peuples autochtones.

ENCADRÉ 3. CRÉER UN ESPACE : PROMOUVOIR LA PARTICIPATION, LE SAVOIR ET LES DROITS DES PEUPLES AUTOCHTONES DANS LE CADRE DES DISCUSSIONS INTERNATIONALES SUR LE CLIMAT

Suivant les directives des dirigeants autochtones, le Canada a travaillé en partenariat avec eux pour intégrer un langage basé sur les droits dans le texte de l'Accord de Paris. En raison de ce plaidoyer commun, une référence directe aux « droits des peuples autochtones » se trouve dans le préambule de l'Accord, créant ainsi les bases de décisions futures sur la mise en valeur des droits, des voix et du savoir des peuples autochtones dans la CCNUCC. Au cours des dernières années, le Canada, en partenariat avec les dirigeants des organisations autochtones nationales, a défendu la création de la plate-forme des communautés locales et des peuples autochtones, et la création du groupe de travail de mobilisation – le premier organe constitué avec une représentation égale entre les peuples autochtones et les représentants des États. La plateforme est un espace important pour la participation directe et significative des peuples autochtones au processus de la CCNUCC et permet la collaboration internationale des réseaux autochtones. Son objectif est de renforcer le savoir, les technologies, les pratiques et les efforts des peuples autochtones en matière de lutte contre les changements climatiques et de renforcer leur engagement dans le processus de la CCNUCC. Le premier plan de travail, créé conjointement avec le groupe de travail de mobilisation, a été adopté en 2019 à la 25ème Conférence des Parties qui s'est tenue à Madrid.

Les délégations canadiennes à la CCNUCC et au GIEC comprennent également des représentants d'organisations autochtones nationales, de sorte que les peuples autochtones peuvent contribuer aux positions du Canada, que les représentants du gouvernement peuvent bénéficier de leurs points de vue et de leur savoir et que le rôle important que joue le savoir autochtone dans la compréhension des changements climatiques est reconnu. Des références à la valeur et à l'importance des savoirs autochtones ont été récemment incluses dans le rapport spécial du GIEC sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique, qui reconnaît que les savoirs autochtones sont à la base des efforts d'adaptation réussis et permettent la sensibilisation du public et l'apprentissage social.

Mobiliser le leadership et la participation des autochtones dans la science et la savoir sur les changements climatiques

Il est essentiel de soutenir le renforcement des capacités au sein des communautés, des organisations et des gouvernements autochtones pour générer des connaissances durables et autodéterminées. Il faut examiner comment les projets de recherche menés par les peuples autochtones et en collaboration avec ceux ci peuvent accroître la capacité de recherche et le leadership des communautés au-delà de la durée de vie du projet. Il s'agit notamment de soutenir les chercheurs autochtones en tant que chercheurs principaux, de former les membres de la communauté à entreprendre eux-mêmes des recherches, d'offrir des possibilités d'emploi, de contribuer aux infrastructures de recherche de la communauté et de soutenir les besoins et les priorités de la communauté en matière de recherche.

Les recherches menées par les peuples autochtones et en collaboration avec ceux-ci doivent également respecter leurs protocoles, leurs politiques, leurs structures de gouvernance et leurs droits ancestraux ou issus

de traités [3]. Dans de nombreux cas, les peuples autochtones du Canada disposent de protocoles et de politiques qui guident la consultation, la recherche ou l'inclusion du savoir autochtone. En outre, lorsque les communautés autochtones s'associent à des chercheurs externes, les résultats doivent être communiqués de manière culturellement appropriée et accessible, en établissant si possible des liens avec les ressources d'information existantes.

La capacité à permettre l'ensemble du spectre de la participation à la recherche - de la participation au codéveloppement au soutien des initiatives menées par les autochtones - doit être intégrée dans les gouvernements et les institutions de recherche non autochtones. Il est essentiel que les personnes non autochtones participant aux activités scientifiques et de production de connaissances soient formées sur les divers contextes des peuples autochtones. Parmi les autres actions essentielles, citons les pratiques consensuelles de gestion des données (par exemple, les principes PCAP® des Premières Nations : propriété, contrôle, accès et possession du savoir et des données provenant des communautés autochtones) [4], le leadership autochtone dans la gouvernance de la recherche, le recrutement et la rétention des chercheurs, des membres des communautés et des jeunes autochtones, le financement adéquat des projets dirigés et codirigés par les peuples autochtones et la participation au capital dans la recherche, le développement et la démonstration (R, D et D).

Il existe un éventail de moyens pour améliorer la participation significative des peuples autochtones à la recherche sur le climat et à la synthèse, la mobilisation et la production de connaissances. La participation et le leadership des autochtones dans la science des changements climatiques seront très différents d'un cas à l'autre, car les contextes, les priorités de recherche et les capacités des communautés varient. Les actions visant à faire progresser la science et le savoir sur les changements climatiques menées par les autochtones au Canada peuvent inclure, sans s'y limiter :

- l'augmentation des possibilités de leadership autochtone et de participation à la surveillance communautaire;

LA SCIENCE EN ACTION : APPLICATION DES SYSTÈMES DE SAVOIR AUTOCHTONES À LA SURVEILLANCE ET À LA RECHERCHE SUR LE CLIMAT

Le Programme de surveillance du climat dans les collectivités autochtones de Relations Couronne-Autochtones et Affaires du nord Canada soutient des projets qui tissent ensemble de multiples voies de savoir. Les communautés autochtones du pays qui dirigent ces projets co-appliquent les systèmes de savoir et la science autochtones pour répondre aux questions climatiques pertinentes dans leur contexte, à mesure qu'elles progressent dans l'autodétermination. Les systèmes de savoir autochtones orientent souvent la nature, l'endroit et la fréquence des indicateurs climatiques surveillés et peuvent être utilisés pour créer des méthodes de surveillance conformes aux protocoles culturels. Les entretiens avec les aînés et les détenteurs de savoir permettent de recueillir des informations sur les tendances et les changements historiques au fil du temps et d'éclairer des stratégies plus larges en matière de changements climatiques. Les aînés et les détenteurs de savoir font souvent partie intégrante de la formation des jeunes et des activités de surveillance sur le terrain, ce qui facilite le transfert de connaissances entre les générations. Par exemple, dans le cadre de son programme de surveillance du climat, la Première Nation Dene Tha' a formé un groupe consultatif d'aînés et de jeunes pour conseiller l'équipe du projet et intégrer les systèmes de valeurs et les pratiques traditionnelles des Dene Tha' dans les protocoles de surveillance, les méthodes de collecte de données et les cartes des zones d'étude. Par le biais de son programme, cette équipe de projet vise à maintenir une identité culturelle et une langue fortes, des modes de vie traditionnels et des relations spirituelles avec la terre.

[3] L'*Énoncé de politique des trois conseils : Éthique de la recherche avec des êtres humains* fournit un cadre pour la conduite éthique de la recherche impliquant des peuples autochtones.

[4] PCAP® est une marque déposée du Centre de gouvernance de l'information des Premières Nations (CGIPN) https://fnigc.ca/fr/pcap.

- l'harmonisation des ressources avec les stratégies et les priorités en matière de recherche et de changements climatiques des organisations, des gouvernements et des communautés des Premières Nations, des Métis et des Inuits, par exemple la *Stratégie nationale inuite sur les changements climatiques* (2019) et les plans futurs au fur et à mesure de leur élaboration;
- le codéveloppement de projets dans lesquels les peuples autochtones participent à tous les stades du processus de R, D et D, qui répondent aux priorités autochtones et qui respectent une approche fondée sur les distinctions;
- l'examen et l'approbation des conseils dirigeants autochtones appropriés avant de mener des recherches sur les terres, les eaux et les glaces autochtones;
- la formalisation des partenariats au moyen d'accords de recherche.

Il est important que le savoir et les visions du monde des peuples autochtones orientent la prise de décisions liées à la science et au savoir sur les changements climatiques. En favorisant des espaces productifs et respectueux pour le leadership et la représentation des autochtones, on s'assure que l'approche du Canada en matière de changements climatiques est plus holistique et plus adaptée.

Une nouvelle optique : intégrer le savoir autochtone dans la mise en œuvre de SC2050

D'autres sections du présent document contiennent des références à certaines des priorités des peuples autochtones en matière de science et de savoir sur les changements climatiques. Par exemple, les infrastructures, les phénomènes météorologiques extrêmes, la sécurité alimentaire et hydrique et la santé humaine sont tous influencés par les changements climatiques et font actuellement l'objet de recherches qui intéressent de nombreuses communautés autochtones du Canada. Cependant, les références aux priorités de recherche autochtones dans SC2050 ne sont en aucun cas exhaustives, et il est important pour les chercheurs de déterminer les priorités nationales, régionales et locales en matière de science et de connaissances climatiques. Les priorités, en plus de pouvoir directement les apprendre auprès des individus, peuvent être trouvées dans la recherche autochtone et les stratégies climatiques, et explorées grâce à un engagement précoce et un codéveloppement avec les partenaires autochtones. L'orientation de la recherche et du financement vers les priorités distinctes des Premières Nations, des Métis et des Inuits en matière de science et de savoir sur les changements climatiques contribuera à la résilience des communautés et des écosystèmes au Canada pour les générations à venir.

ENCADRÉ 4. EXTRAIT DE LA STRATÉGIE NATIONALE INUITE SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DE L'INUIT TAPIRIIT KANATAMI[5]

DOMAINE PRIORITAIRE 1 : Faire progresser la place des capacités et le savoir des Inuits dans le cadre de la prise de décision sur le climat

Les Inuits ont été largement exclus de la participation aux décisions fédérales, provinciales et territoriales sur le climat. Pour que les Inuits puissent contribuer de manière significative aux décisions relatives au climat et pour améliorer l'accès local des Inuits aux meilleurs services et données climatiques disponibles, nous devons avoir la possibilité et la capacité de participer pleinement. Une capacité, une coordination et un partage d'informations accrus sont nécessaires pour favoriser la prise de décision en matière de climat, tant au sein de l'Inuit Nunangat qu'au-delà, en améliorant la recherche sur le climat et les objectifs éducatifs, et en permettant une utilisation plus efficace du savoir des Inuits.

Objectifs

1.1 Renforcer l'autodétermination des Inuits dans les décisions relatives aux changements climatiques et dans les processus d'élaboration et d'évaluation des politiques.

1.2 Faciliter et soutenir les stratégies régionales inuites en matière de changements climatiques.

1.3 Promouvoir la recherche et la surveillance sur les changements climatiques dirigées par les Inuits.

Mesures

1.1.1 Influencer les politiques et les pratiques afin de garantir que le savoir inuit soit utilisé équitablement dans la prise de décision en matière de changements climatiques.

1.2.1 Veiller à ce que des stratégies climatiques régionales soient mises en place et liées à l'adoption de la Stratégie nationale inuite sur les changements climatiques.

1.3.1 Veiller à ce que les informations sur le climat soient accessibles à tous les Inuits afin d'éclairer la prise de décisions fondées sur des données probantes.

1.3.2 Mettre en place des pratiques exemplaires relatives à l'échange bilatéral d'informations sur les changements climatiques entre les Inuits, du niveau local au niveau international.

1.3.3 Créer des opportunités d'échange sur les changements climatiques régionaux et circumpolaires pour les Inuits.

1.3.4 Développer un mécanisme pour un partage interne efficace des nouvelles initiatives inuites en matière de changements climatiques et des données correspondantes entre les organisations représentatives des Inuits.

1.3.5 Promouvoir les activités de recherche et de surveillance des changements climatiques menées et coproduites par les Inuits.

Résultats à long terme

- Les Inuits ont un rôle important à jouer dans les décisions relatives aux changements climatiques.
- Des initiatives éducatives inuites culturellement appropriées, liées au transfert de connaissances pratiques, sont disponibles largement et à long terme dans l'Inuit Nunangat, et au niveau international aux Inuits d'autres pays circumpolaires dans l'Inuit Nunaat.
- Les meilleures connaissances disponibles, tant autochtones que scientifiques, sont accessibles et utilisées dans la prise de décision sur le climat dans l'ensemble de l'Inuit Nunangat et de l'Inuit Nunaat.

[5] Inuit Tapiriit Kanatami (2019) : Stratégie nationale inuite sur les changements climatiques, Ottawa (Ontario). www.itk.ca/national-inuit-climate-change-strategy/resources/ (Extrait de la page 21, utilisé avec permission.)

Synthèse et mobilisation des connaissances

L'intégration et la contextualisation des résultats de chaque étude (synthèse des connaissances) et la traduction des résultats de la recherche en connaissances utiles pour les praticiens (mobilisation des connaissances) sont des activités clés pour intégrer la science et les connaissances sur les changements climatiques dans la planification et la prise de décision. Bien que de nombreuses connaissances aient été développées, seule une partie d'entre elles parvient aux décideurs en temps utile ou de manière accessible, et un manque de capacité chez les décideurs peut également entraver leur capacité à utiliser les informations. En accordant de l'importance à la synthèse et à la mobilisation des connaissances, en plus de la production de connaissances, le Canada pourra tirer pleinement profit de ses investissements dans la science et la connaissance des changements climatiques. La synthèse et la mobilisation des connaissances servent également à établir un dialogue entre les créateurs et les utilisateurs de connaissances, en maintenant la recherche alignée sur les besoins des utilisateurs et en maximisant son utilité et sa pertinence. Les possibilités de synthèse et de mobilisation des connaissances pour une série de sujets (par exemple, les infrastructures, les écosystèmes, l'Arctique et le Nord) sont présentées à l'annexe 2.

De vastes évaluations nationales, telles que les rapports produits dans le cadre du processus Le Canada dans un climat en changement (par exemple, *Rapport sur le climat changeant du Canada*, *Le littoral maritime du Canada face à l'évolution du climat* et *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*) et les rapports de groupes d'experts, tels que le Rapport du Conseil des académies canadiennes intitulé *Les principaux risques des changements climatiques pour le Canada et le Rapport final du groupe d'experts sur la finance durable*, ont contribué à sensibiliser le public et à orienter la réponse du Canada aux changements climatiques. Au-delà des rapports nationaux, il est également important de produire des synthèses de connaissances adaptées aux besoins prioritaires spécifiques des différents utilisateurs cibles.

De plus en plus, les ministères, le secteur privé, les groupes autochtones et les réseaux universitaires préparent des informations scientifiques ciblées sur le climat (par exemple, des études d'évaluation au niveau local), en rassemblant les résultats des programmes de surveillance, d'observation et de contrôle, les résultats des modèles, les analyses interdisciplinaires et les évaluations scientifiques et des risques. Cependant, il y a des limites à l'accessibilité et à la compréhension de ces **données scientifiques et évaluations des risques** ciblées pour les individus, les communautés, les entreprises, les gouvernements et les autres organisations qui élaborent des plans d'action sur le climat. Les efforts de mobilisation des connaissances peuvent accroître l'accessibilité et l'utilisation de ces rapports, ainsi que des ensembles de données et autres conclusions scientifiques, pour faire progresser les efforts de résilience et de décarbonisation. Il s'agit notamment d'améliorer la sensibilisation des autochtones, la traduction et l'accès à la science et aux évaluations des risques. En outre, la création de **portails de connaissances** ciblés pour les communautés, les régions ou les secteurs clés (par exemple, l'énergie, les infrastructures, la santé, l'agriculture, la pêche, le tourisme), ainsi que la mise à profit et la promotion de ceux qui existent déjà, peut également contribuer à mettre ces connaissances en pratique.

Les organisations nationales et régionales de **services climatiques** (par exemple, le Centre canadien des services climatiques) constituent un autre mécanisme utile pour synthétiser et diffuser les données et les informations issues de la surveillance, de la recherche et de l'analyse à long terme sur les effets des changements climatiques et les vulnérabilités connexes. L'extension des services climatiques existants et/ou l'intégration de portails de données axés sur le climat à un éventail plus large de centres de données géographiques, écologiques, sanitaires et socio-économiques généreront des connaissances et des aperçus supplémentaires. Il est également important de poursuivre les efforts d'éducation au climat et de communication liés aux limites des données et des scénarios locaux et régionaux.

Les **études de cas** et les enseignements tirés sont un autre outil utile pour mobiliser les connaissances. Il pourrait s'agir, par exemple, de comptes rendus de projets et de pratiques prometteuses liés à l'adaptation et à l'atténuation au niveau communautaire et sectoriel, à la démonstration de technologies, à la santé et au bien-être, à la conservation adaptée au climat, aux solutions basées sur la nature et aux techniques bénéfiques de gestion des terres. Ces mesures peuvent soutenir l'application de ces approches et outils dans d'autres contextes et lieux, favorisant ainsi la mise à l'échelle et l'expansion de solutions prometteuses. Ces études de cas doivent également être traduites en informations et outils pertinents et exploitables pour éclairer la prise de décision individuelle, y compris des informations sur les efforts que les individus peuvent entreprendre pour réduire les émissions et/ou se protéger eux-mêmes et leurs communautés des impacts des changements climatiques.

À mesure que les efforts de synthèse et de mobilisation des connaissances se poursuivent et s'intensifient, il sera utile d'adopter des approches ciblées et adaptées au public pour communiquer la science des changements climatiques et ses incertitudes aux décideurs et aux membres de la communauté. La poursuite de la recherche en sciences sociales sur les communications efficaces en matière de changements climatiques et les stratégies visant à combler le fossé entre la science et la politique sera utile à cet égard. Les **mesures liées à la capacité d'interprétation de la science et des données relatives aux changements climatiques** à tous les niveaux devraient compléter ce travail, tout comme les efforts visant à développer les **compétences professionnelles liées au climat** dans tous les secteurs. Les scientifiques et les organisations intermédiaires ont un rôle important à jouer dans la diffusion des connaissances par le biais des divers mécanismes de mobilisation des connaissances décrits ci-dessus, et par la sensibilisation et l'engagement du public pour accroître à la fois la confiance et la connaissance du climat.

Besoins en matière de science et de savoir

Les besoins en matière de science et de savoir identifiés ici bénéficieraient de l'attention collective et ciblée de la communauté canadienne de recherche sur les changements climatiques. Les besoins décrits dans cette section sont organisés en fonction de quatre résultats qui sont essentiels à l'édification d'un Canada sain, résilient et neutre en carbone. Une solide compréhension fondamentale de la science climatique du système terrestre sous-tend le travail dans tous les domaines.

Les résultats et la répartition des différents besoins sont imparfaits et ne représentent pas de manière adéquate la nature intégrée de la recherche qui sera nécessaire. Une approche ciblée qui explore les problèmes individuellement est insuffisante. La recherche sur les changements climatiques doit de plus en plus adopter une approche globale qui tienne compte des synergies et des compromis entre l'atténuation, l'adaptation, la gestion de la nature, le développement durable, l'équité et la justice, afin de trouver des solutions globales qui font progresser plusieurs priorités à la fois. La quantification de ces co-bénéfices et l'élaboration de mesures permettant d'évaluer le potentiel de transformation des solutions climatiques seront des domaines de travail importants à mesure que l'action intégrée progressera.

Compte tenu de l'ampleur et de l'urgence du défi climatique, la communauté scientifique ne dispose que de très peu de temps, d'où la nécessité de mener des recherches de manière nouvelle et différente. L'expérimentation et l'apprentissage itératif par la pratique et l'observation seront de plus en plus importants. L'utilisation, par exemple, de laboratoires vivants, de projets d'études pilotes, de projets de démonstration de technologies émergentes, d'observations sur le terrain et la coproduction de connaissances avec des praticiens, des peuples autochtones et des partenaires communautaires peuvent constituer de puissantes approches de recherche pour soutenir des mesures transformatrices de lutte aux changements climatiques.

Il est crucial de développer des processus de recherche participative qui impliquent un engagement profond avec des partenaires non universitaires, y compris des participants de la société civile et des communautés autochtones, pour passer d'approches de recherche extractive à des approches co-développées. Le suivi et l'évaluation des interventions en matière de changements climatiques, en particulier en utilisant une approche d'équité, seront essentiels pour garantir l'efficacité et éviter de créer par inadvertance des obstacles ou des effets négatifs pour certains individus et communautés. Les sciences sociales peuvent y jouer un rôle clé pour comprendre le degré de réussite de certains programmes et politiques.

Tout au long de cette section, des icônes indiquent les secteurs ou domaines d'intérêt spécifiques qui sont inclus dans chaque sujet. La liste ci-dessous n'est pas exhaustive et vise à aider les lecteurs à identifier le contenu qui s'applique à leur domaine d'expertise, d'intérêt ou de spécialisation. Une liste détaillée des besoins en matière de recherche, organisée par domaines d'intérêt, se trouve à l'annexe 3. Ces icônes ont également un deuxième objectif : démontrer les possibilités de travail interdisciplinaire.

ACCÉLÉRER LE CHANGEMENT TRANSFORMATIONNEL

ÉCONOMIE

SANTÉ ET BIEN-ÊTRE

SYSTÈMES AQUATIQUES

ÉCOSYSTÈMES (TERRESTRES ET AQUATIQUES)

INFRASTRUCTURE

COMMUNAUTÉS ET STRUCTURES SOCIALES

ÉNERGIE

SYSTÈMES TERRESTRES

SCIENCE DU CLIMAT DU SYSTÈME TERRESTRE

PHÉNOMÈNES EXTRÊMES

Faire progresser la science du climat du système terrestre

La compréhension des complexités du système climatique physique, qui comprend l'atmosphère, l'océan, l'eau douce, la surface terrestre et la cryosphère (glaciers, pergélisol, glace de mer et de lac, neige) est fondamentale pour faire progresser un large éventail de sciences et de savoir sur les changements climatiques. Il s'agit notamment de mieux comprendre les aspects écologiques, hydrologiques et biogéochimiques qui influencent le climat par l'entremise de changements dans les émissions de GES, l'utilisation des terres, les processus atmosphériques/océaniques (y compris les nuages, les précipitations, le niveau de la mer, les vagues océaniques, la circulation de turbulence, les processus météorologiques et les tempêtes), l'albédo de surface, le cycle de l'eau et le stockage de chaleur dans l'océan. Étant donné la nature mondiale des changements climatiques, les capacités scientifiques du Canada bénéficieront d'un engagement international continu.

Le modèle canadien du système terrestre (CanESM) fait partie intégrante de l'ensemble international des modèles climatiques utilisés pour faire des projections dans le cadre de divers scénarios d'émissions de GES et comprend des rétroactions sur le cycle du carbone, du soufre et, de plus en plus, de l'azote. Les techniques de réduction d'échelle fournissent des informations détaillées pour les différents modèles nécessaires à l'évaluation des impacts climatiques (par exemple, les simulations de cultures, les modèles hydrologiques à l'échelle du bassin, les modèles océaniques régionaux et à l'échelle du bassin). Les données d'observation satellitaires sont un apport important à la modélisation du système terrestre, car elles permettent d'observer les tendances des changements climatiques et aident à comprendre les processus à l'origine de ce changement.

Un niveau d'effort accru est nécessaire pour améliorer la représentation des processus physiques et biogéochimiques et des rétroactions, y compris les processus au niveau des écosystèmes (par exemple, les forêts, le pergélisol, la toundra, les zones humides), qui sont particulièrement pertinents pour le Canada et qui contribuent aux incertitudes concernant l'ampleur et le rythme des changements futurs. L'évaluation des rétroactions et des processus connexes repose sur un large éventail d'activités essentielles, allant des observations in situ et à distance (aériennes et satellitaires) et de la surveillance, des études de terrain ciblées, de la surveillance et des travaux de laboratoire à la modélisation mondiale et régionale et à l'archivage et l'analyse des données. Les scientifiques et les partenaires autochtones, nationaux et internationaux sont importants pour faire progresser ces activités.

Il faut également prendre des mesures pour mieux évaluer et simuler l'effet des changements climatiques sur le dégel du pergélisol et la fonte des glaces, y compris leurs implications pour le cycle du carbone, les changements du niveau de la mer et les rétroactions, ainsi que leurs effets directs sur les infrastructures et les opérations, la productivité du secteur des ressources naturelles, la dégradation des habitats, les maladies infectieuses liées au climat, la biodiversité aquatique, et la qualité et la disponibilité de l'eau. Ce travail dépendra de l'amélioration des observations et des simulations de la surface et du sous-sol des terres et des océans, d'une résolution horizontale plus élevée et d'une recherche interdisciplinaire renforcée, notamment en collaboration avec les communautés nordiques et autochtones.

L'approvisionnement en eau douce est soumis à la variabilité et au changement des principales réserves et des flux du cycle de l'eau, y compris les événements extrêmes tels que les sécheresses et les inondations. Étant donné l'importance de l'eau douce pour certains écosystèmes, l'économie, la santé et le bien-être des Canadiens, des recherches sont nécessaires pour établir un lien entre les effets observés et prévus des changements climatiques sur l'approvisionnement en eau et la demande en eau prévue dans tout le Canada.

Une recherche interdisciplinaire ciblée est également nécessaire pour évaluer l'efficacité des différentes stratégies d'atténuation, ainsi que leurs corrélations et interactions. Un domaine qui nécessite des recherches plus approfondies est notre compréhension du rôle des agents de forçage climatique de courte durée (par exemple, le méthane, le carbone noir) dans l'atteinte des objectifs climatiques à court terme. Des recherches visant à fournir une évaluation scientifique plus complète de l'ingénierie climatique (ou géo-ingénierie, y compris l'absorption du dioxyde de carbone et la gestion des radiations solaires) et de ses conséquences potentielles seraient également utiles, y compris une analyse des implications canadiennes de l'ingénierie climatique entreprise ailleurs.

Un effort de recherche ciblé et exhaustif est également nécessaire pour améliorer la prévision des extrêmes climatiques (par exemple, les vagues de chaleur, les vagues de froid, les précipitations extrêmes, les inondations, les incendies de forêt), y compris dans l'océan (par exemple, l'acidification, la désoxygénation, l'hypoxie, les vagues de chaleur marines, la salinité élevée). Cela comprend des travaux sur les inondations, l'érosion et l'aggravation des glissements de terrain causés par des précipitations extrêmes. Dans les régions littorales, les inondations, les marées de tempête et l'érosion augmentent en raison de l'élévation locale du niveau de la mer et de la réduction de la durée et de l'étendue de la glace de mer. Des travaux supplémentaires sont également nécessaires pour mieux comprendre les phénomènes convectifs conduisant à des orages, à des vents extrêmes, à des pluies et grêles localisées, afin d'éclairer les mesures de résilience dans l'environnement bâti (y compris les infrastructures naturelles) et d'améliorer la préparation aux situations d'urgence. Ces travaux permettront d'améliorer les capacités de prévision afin que les Canadiens puissent mieux se préparer aux différents événements climatiques en étant suffisamment avertis à l'avance.

Le développement des techniques de réduction d'échelle doit se poursuivre afin que l'on puisse fournir davantage de détails et d'informations spatiales adaptées à des secteurs ou des régions spécifiques. Cela permettra d'améliorer l'utilité des projections climatiques pour les communautés, la biodiversité, l'agriculture, la pêche et l'aquaculture, les infrastructures, les transports, les impacts sur les océans et les côtes, les ressources naturelles, la santé et d'autres domaines. Les efforts de réduction d'échelle bénéficieraient d'une meilleure utilisation des approches existantes, émergentes et nouvelles pour l'observation du système terrestre, y compris les observations spatiales (en particulier pour l'Arctique et le Nord canadien, où les données sont rares) et des techniques d'analyse et de synthèse des données qui tirent parti des données partagées et des infrastructures de recherche (par exemple, navires, avions). La poursuite du développement de techniques permettant d'assimiler efficacement les observations satellitaires et de surface et d'améliorer le niveau de précision spatial des résultats issus de la modélisation

SCIENCE IN ACTION: INCREASING CLIMATE RESILIENCY FOR BUILDINGS AND INFRASTRUCTURE

Extreme weather events can cause severe damage to residential and commercial buildings, as well as to other core public infrastructures (e.g., bridges, roads, wharves, municipal water systems, rail transit). To help prepare communities and private building owners, Infrastructure Canada and the National Research Council are collaborating with Environment and Climate Change Canada and others on research to inform the planning of new buildings and the rehabilitation of existing ones, with the ultimate result of integrating climate resiliency into building and infrastructure design, guides, and building codes. These guidelines and codes (e.g., wildland fire urban interface, flood resiliency of buildings, adaptation of existing stormwater management systems) will enable adoption and enforcement by provinces, territories, and municipalities to increase resilience.

et de la réduction d'échelle permettra de mieux prévoir les extrêmes climatiques et contribuera à élargir la gamme des variables climatiques couvertes par les prévisions saisonnières à décennales utilisées par les services climatiques.

ENCADRÉ 5. ATTRIBUTION DES ÉVÉNEMENTS

De plus en plus, on souhaite déterminer dans quelle mesure les événements extrêmes et leurs impacts peuvent être attribués aux changements climatiques anthropiques. C'est-à-dire quantifier dans quelle mesure les activités humaines (émissions de GES, aérosols, changement d'affectation des terres) ont rendu certains événements plus intenses ou plus fréquents. En étant explicite sur le rôle des activités humaines dans les changements touchant les phénomènes extrêmes et les événements extrêmes, l'attribution renforce l'analyse de rentabilité et l'acceptation de l'action climatique. Elle contribue également à faciliter le développement d'une gouvernance intergouvernementale, de cadres décisionnels multipartites, de plans de gestion des urgences pour la réduction des risques de catastrophes et d'une aide financière liée aux extrêmes (par exemple, secours en cas de catastrophe, risques assurables).

Les événements extrêmes sont associés à des problèmes de santé physique et mentale importants et à des coûts économiques. De plus en plus, les acteurs gouvernementaux et non gouvernementaux cherchent à comprendre l'attribution dans le contexte de la divulgation des risques d'investissement, des paiements d'assurance, de la culpabilité liée à la diligence raisonnable dans la mise en œuvre de l'action climatique et du financement du renouvellement des infrastructures. Il existe cependant très peu d'études qui ont attribué les tendances des extrêmes canadiens et des événements extrêmes spécifiques au Canada aux changements climatiques anthropiques. En outre, il est difficile de définir quels sont les extrêmes ou les événements extrêmes pertinents, car cela peut varier d'un secteur à l'autre.

La résolution spatiale et temporelle des ensembles de données sur les extrêmes climatiques canadiens observés et simulés (par exemple, les précipitations extrêmes) est actuellement insuffisante pour soutenir les études régionales de détection et d'attribution, et des capacités supplémentaires sont nécessaires pour l'attribution systématique des événements extrêmes individuels lorsqu'ils se produisent. Une meilleure compréhension des processus à l'origine des événements extrêmes est également essentielle pour améliorer la prévision de ces derniers sur des échelles de temps allant de quelques jours à plusieurs décennies. L'attribution exhaustive des événements extrêmes au Canada nécessite l'étude de toute la gamme des variables et processus climatiques, météorologiques et environnementaux. Cela inclut la prise en compte des événements extrêmes composés, lorsque les extrêmes se produisent simultanément ou consécutivement (par exemple, des températures chaudes extrêmes associées à de très faibles précipitations).

L'élargissement de l'analyse pour y inclure l'attribution des impacts et des coûts socio-économiques connexes nécessite des données encore plus larges sur la manière dont un secteur ou une communauté est affecté. L'évaluation des impacts et des réponses des individus, des communautés, des entreprises et des gouvernements repose sur une compréhension de l'attribution des événements historiques et une meilleure prévision des extrêmes, et est limitée par la disponibilité restreinte de données socio-économiques à une échelle appropriée.

Des Canadiens, des communautés et des environnements bâtis en santé et résilients

Les effets des changements climatiques mettent en danger la santé et le bien-être des Canadiens, des communautés et des infrastructures, et il faut accroître la résilience à tous les niveaux (par exemple individuel, local, régional, national et mondial). Pour que les efforts visant à renforcer la résilience soient efficaces, il faut une compréhension nuancée et approfondie des vulnérabilités, des forces et des risques, étant donné que ceux-ci ne sont pas répartis uniformément entre toutes les régions et tous les groupes sociaux, culturels et économiques. Le renforcement de notre compréhension des similitudes entre l'adaptation aux changements climatiques et la réduction des risques de catastrophes, deux domaines aux objectifs similaires, contribuera également à renforcer la résilience en favorisant une utilisation plus intégrée et plus efficace des ressources.

Dans l'ensemble, des recherches sont nécessaires pour quantifier les coûts et les avantages des impacts et des mesures d'adaptation au Canada, y compris la manière dont ces coûts évolueraient dans différents scénarios (par exemple, dans le cas d'une action d'atténuation retardée, des changements brusques non linéaires). Cette recherche et cette analyse sont essentielles pour comprendre la valeur des investissements dans l'adaptation et la résilience, et les analyses du cycle de vie complet seront ici cruciales, soutenues par des données robustes et des bases de données organisées. Il serait utile de mener des recherches sur les méthodes et la gouvernance du financement de l'adaptation, notamment sur les moyens d'équilibrer et de mobiliser les financements privés et publics.

Développer une compréhension intersectionnelle de la vulnérabilité et de la résilience basée sur le lieu

Les impacts des changements climatiques et les actions liées à ceux ci ne sont pas vécus de la même manière par tous les Canadiens, les personnes déjà marginalisées et économiquement vulnérables étant souvent touchées de manière disproportionnée. Dans de nombreux cas, la qualité des déterminants de la santé et d'autres caractéristiques sociales ont une incidence sur la vulnérabilité aux changements climatiques et la capacité d'adaptation des individus et des communautés. Des recherches sont nécessaires sur ces facteurs (par exemple, le sexe, la race, l'orientation sexuelle, l'âge, la langue, les capacités, les revenus, l'éducation, le lieu) et sur la manière dont ils façonnent les expériences des impacts des changements climatiques, la vulnérabilité, les forces et la capacité d'adaptation. Des travaux visant à étudier comment les ressources et les atouts individuels et communautaires peuvent contribuer aux efforts d'adaptation compléteraient cette recherche.

Il est nécessaire de comprendre les impacts des politiques, des programmes et de la législation en matière de changements climatiques dans une perspective d'équité et de genre, ainsi que de comprendre l'exclusion de certains groupes dans les efforts d'adaptation et d'atténuation. Il sera également utile d'identifier les possibilités d'utiliser les actions climatiques pour s'attaquer aux inégalités sociales et sanitaires plus larges (par exemple, la pauvreté, le chômage, le colonialisme, les barrières linguistiques et le manque d'accès aux soins de santé et aux services de santé publique, à l'éducation, à l'énergie et au logement). Compte tenu de l'hétérogénéité des

expériences en matière de changements climatiques, il est essentiel d'adopter des perspectives adaptées au lieu qui renforcent l'action des communautés et les incitent à agir, en particulier pour les communautés vulnérables (par exemple les communautés côtières, forestières, agricoles, rurales, isolées, arctiques et nordiques, ainsi que les communautés autochtones vivant dans les réserves et hors réserve) et celles qui doivent se déplacer à cause des changements climatiques.

Des études économiques à plus long terme des différents effets sur les principaux groupes démographiques et régions géographiques, y compris les effets intergénérationnels, sont nécessaires et pourraient explorer le marché du travail, les prix des denrées alimentaires/coût de la vie, l'accessibilité et la sécurité énergétiques et la sécurité alimentaire. Il sera bénéfique de réaliser des travaux visant à élaborer des options chiffrées pour minimiser les impacts, à comprendre les conséquences du transfert des coûts (par exemple entre groupes, régions, générations, etc.) et à identifier les options permettant de minimiser les impacts indésirables de l'action climatique sur différents groupes.

Le développement de partenariats entre les chercheurs, les diffuseurs de connaissances, les villes, les peuples autochtones et les communautés contribuera à faire progresser le savoir lié au processus de transformation de l'action sur le climat. L'examen de la mise en œuvre de nouvelles approches, la compréhension de leurs enseignements transférables et l'étude de la manière dont les collectivités peuvent motiver les gouvernements locaux à agir peuvent tous contribuer directement à l'action climatique au niveau local. Une meilleure compréhension des mécanismes d'inclusion, de transparence et de collaboration lors de la construction de la légitimité politique aidera à minimiser les effets perturbateurs du changement transformateur, en particulier pour les communautés marginalisées et les membres des communautés, et peut aider à étendre les impacts positifs des interventions en matière de changements climatiques.

Il faut également mener des recherches pour développer une compréhension intégrée du risque qui tienne compte des facteurs sociaux, culturels, écologiques, sanitaires et économiques. Les méthodes qualitatives peuvent contribuer de manière importante à développer une compréhension nuancée de la manière dont les communautés se sentent face aux risques et aux stress auxquels elles sont confrontées et aux décisions prises pour y faire face. Ces travaux contribueront à la compréhension de l'impact général des événements extrêmes, ainsi que des conséquences plus graduelles (lentes) des changements climatiques – y compris l'exposition, la vulnérabilité et la gestion des risques – et de leurs effets sur les individus, les communautés et les systèmes interconnectés dont ils dépendent.

Soutenir la santé des Canadiens et la résilience des systèmes de santé

Les changements climatiques présentent des risques directs et indirects importants pour la santé et le bien-être physique et mental des Canadiens. Elle affecte également les systèmes de santé, par exemple par le biais de phénomènes météorologiques extrêmes qui endommagent les infrastructures sanitaires et entraînent l'évacuation des hôpitaux, la perturbation des chaînes de livraison et d'approvisionnement, ainsi que l'augmentation des coûts de santé et la pression sur le système de santé publique. Il faut poursuivre les recherches pour évaluer les risques et les vulnérabilités liés au climat dans l'ensemble du système de santé (par exemple, la main-d'œuvre, les systèmes d'information, les infrastructures, la prestation de services) et déterminer les mesures d'adaptation.

Pour réduire ces risques, les Canadiens et les collectivités, les professionnels et les autorités de la santé et de la santé publique, les professionnels apparentés et les décideurs d'autres secteurs ont tous besoin de recherches, de diagnostics de laboratoire, de connaissances et de preuves pertinentes et exploitables. La santé publique peut jouer un rôle essentiel en fournissant des informations sur les changements climatiques et la santé, en

influençant et en favorisant le changement de comportement des Canadiens et en soutenant la prise de décision pour mobiliser l'action. Pour comprendre les impacts, les risques et les opportunités pour la santé humaine, il faudra étudier les impacts du climat sur l'ensemble du spectre de la recherche en santé (biomédical, clinique, services du système de santé, santé des populations) et réaliser des recherches visant à expliquer les interactions avec d'autres secteurs et disciplines. En relevant les défis liés à la disponibilité et à l'accessibilité de données de haute qualité et à jour et à l'interopérabilité des données environnementales et climatiques avec les données sur la santé, il sera possible de mesurer les effets des changements climatiques sur la santé.

En particulier, il est nécessaire de mieux comprendre les risques liés au climat pour la santé des Canadiens, tels que ceux associés aux phénomènes météorologiques extrêmes (par exemple, les vagues de chaleur), aux risques naturels, aux nouvelles maladies infectieuses liées au climat, aux répercussions sur la santé mentale et le bien-être, et aux changements de la qualité de l'air. Par exemple, la recherche est nécessaire pour soutenir une compréhension intégrée des effets des changements climatiques sur la qualité de l'air (y compris la pollution de l'air extérieur, la fumée des feux de forêt, les aéroallergènes et la qualité de l'air intérieur) et les impacts sanitaires et économiques associés, ainsi que la manière dont l'action climatique peut conduire à un air de qualité et à des bénéfices économiques. Des actions innovantes et collaboratives sont nécessaires pour soutenir une surveillance et un suivi novateurs, intégrés et multidisciplinaires, et pour améliorer les capacités de prévision et de modélisation en vue d'une plus grande prévoyance. Cela comprend des approches nouvelles ou avancées pour la collecte et l'analyse des données, des systèmes d'alerte précoce, la science communautaire, les nouveaux diagnostics de laboratoire, la métagénomique et la cartographie géospatiale en partenariat avec d'autres secteurs, disciplines, universités, peuples autochtones et tous les niveaux de gouvernement.

Les risques sanitaires liés au climat sont vécus différemment selon les populations (par exemple les peuples autochtones, les personnes âgées, les enfants, les personnes socialement et économiquement défavorisées, les personnes souffrant de maladies chroniques ou de problèmes de mobilité, les femmes, les immigrants) et les communautés (par exemple urbaines, rurales, éloignées, autochtones, nordiques, côtières). La recherche est nécessaire pour comprendre ces forces, vulnérabilités et ces impacts différentiels, et leurs implications pour la santé de la population et l'équité en matière de santé. Ce travail devrait tenir compte de l'intersection des changements climatiques et du colonialisme sur la santé mentale des autochtones.

LA SCIENCE EN ACTION : RASSEMBLER LES PARTENAIRES DANS LE CADRE DE L'APPROCHE « UNE SANTÉ »

« Une santé » est une approche multisectorielle qui rassemble les disciplines de la santé humaine, animale, végétale et environnementale afin d'intégrer les données, la science et la recherche et de travailler en collaboration pour obtenir de meilleurs résultats en matière de santé publique. Le prototype ECO2 est une collaboration pilote dans le cadre de l'approche « Une santé » entre l'Agence de santé publique du Canada, Environnement et Changement climatique Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada et l'Agence canadienne d'inspection des aliments dans le bassin versant de la Nation Sud dans l'est de l'Ontario. Il surveille l'émergence des maladies infectieuses, les changements environnementaux et la biodiversité, tout en soutenant le développement de partenariats régionaux avec les citoyens (agriculteurs, propriétaires/gestionnaires de terres, communautés), les universités locales et les scientifiques et responsables des gouvernements locaux et provinciaux dans les domaines de la santé humaine, de l'élevage, de la faune et de l'environnement. Grâce à un travail de collaboration, le prototype permet de recueillir les données de terrain, de laboratoire, de climatologie et d'observation de la Terre nécessaires pour comprendre comment les changements climatiques/environnementaux influencent les maladies infectieuses. Cette science et les connaissances ainsi générées sont utilisées pour prévoir les épidémies et soutenir les systèmes d'alerte précoce qui éclairent la prise de décision et l'action au niveau local.

La santé des humains, des plantes, des animaux et des écosystèmes entiers est liée, ce qui nécessite une approche multidisciplinaire « Une santé » pour comprendre les interactions complexes entre la santé humaine, environnementale et animale. Il s'agit notamment de comprendre comment cette interrelation entraîne des changements dans la distribution géographique, la saisonnalité et/ou la transmission des maladies infectieuses, des organismes nuisibles et les implications connexes en matière de sécurité alimentaire. Cela offre également une occasion unique de tirer parti de l'expérience et de l'apprentissage d'autres disciplines et secteurs. Par exemple, il est nécessaire de déterminer où et quand les maladies infectieuses d'origine climatique peuvent apparaître ou réapparaître au Canada, comme les impacts du climat sur les maladies zoonotiques, alimentaires et hydriques.

La compréhension de l'impact des changements climatiques sur les systèmes qui soutiennent la santé, tels que l'eau, l'assainissement, l'alimentation et la nutrition (par exemple, par le biais des impacts sur la pêche, l'aquaculture et l'agriculture) est un domaine important de travail interdisciplinaire, tout comme le travail visant à comprendre comment les actions des décideurs qui ne sont pas du domaine de la santé influencent les impacts des changements climatiques sur la santé (par exemple, le transport, l'eau, l'urbanisme, l'énergie, l'agriculture, la conservation). Les avantages et les risques pour la santé peuvent être associés aux mesures de lutte contre les changements climatiques prises dans d'autres secteurs. Par exemple, les investissements dans les infrastructures de transport actif peuvent accroître l'activité physique et la qualité de l'air, les mesures d'aménagement du paysage visant à réduire la chaleur urbaine ou les risques de maladies infectieuses peuvent assurer la séquestration du carbone ou la protection contre les inondations, et le déploiement de la production d'énergie nucléaire peut également fournir des radio-isotopes médicaux. La recherche de ce type de solutions sans regret sera utile pour identifier et concevoir des solutions climatiques qui auront également des retombées positives en termes de santé et de bien-être mental et physique, d'équité en matière de santé, de santé communautaire et de résilience climatique.

Pour soutenir des communautés saines, il faudra plus que de simples recherches pour comprendre les impacts. Il faudra également mener des recherches sur la manière de concevoir et mettre à l'essai des interventions susceptibles d'apporter des solutions à long terme, évolutives et efficaces. La recherche d'intervention interdisciplinaire et la science de la mise en œuvre visant à maximiser les résultats en matière de santé et de résilience seront essentielles. Étant donné que le secteur de la santé joue un rôle important dans le soutien d'une société et d'une économie stables, il est nécessaire de comprendre comment les changements climatiques y sont liés – les questions de santé peuvent affecter d'autres aspects de la société, tels que la performance et la productivité économiques, ainsi que la cohésion et le fonctionnement sociaux.

ENCADRÉ 6. COMPRENDRE LES CONSÉQUENCES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA SANTÉ MENTALE

La nécessité de comprendre les effets du changement climatique sur la santé mentale s'est accrue en réponse au nombre croissant de Canadiens qui vivent des deuils, des traumatismes et des angoisses liés au climat. Ce domaine d'étude se développe, et une grande partie du travail réalisé jusqu'à présent dans ce domaine a été spécifique à l'Arctique et aux Inuits.

Les décideurs en matière de santé et ceux d'autres secteurs (par exemple, la gestion des urgences, la santé au travail) ont besoin d'outils et de capacités pour mesurer et surveiller les effets sur la santé mentale liés à des risques climatiques spécifiques (par exemple, les traumatismes liés aux incendies de forêt ou aux inondations; la violence, les agressions et le suicide liés à la chaleur extrême) et les effets sur la santé mentale liés à l'expérience des changements climatiques de manière plus générale (par exemple, l'éco-anxiété, le deuil écologique et climatique). En outre, il est nécessaire de mener des recherches pour comprendre et soutenir l'adaptation psychosociale aux changements climatiques.

Il est également nécessaire de mieux comprendre les interventions en amont qui ont réussi à renforcer la résilience, les outils et les capacités d'adaptation qui favorisent la santé mentale et le bien-être avant, pendant et après un événement climatique. En outre, il faut des preuves empiriques qui explorent les effets à long terme des risques liés aux changements climatiques, ainsi que des études longitudinales qui examinent les conséquences sur la santé mentale des risques à évolution lente (par exemple, l'élévation du niveau de la mer, la sécheresse généralisée). Les futurs efforts d'adaptation bénéficieront d'une meilleure compréhension des effets des changements climatiques sur la santé mentale de groupes de population spécifiques, par exemple les effets sur les enfants et les jeunes qui semblent éprouver une éco-anxiété ou un deuil écologique, ainsi que les impacts d'une exposition plus fréquente aux dangers liés au climat. Une planification efficace des effets des changements climatiques sur la santé bénéficiera également d'une meilleure connaissance des résultats positifs sur la santé mentale, comme la résilience psychosociale, l'altruisme et la compassion après avoir subi des risques climatiques. Enfin, il est nécessaire de comprendre les meilleurs moyens de communiquer sur les risques climatiques de manière à ne pas induire plus d'anxiété ou à ne pas accabler les Canadiens, mais plutôt à motiver l'action et à soutenir le bien-être individuel et social.

L'avancement des connaissances dans ces domaines est limité par le manque de données sur la santé mentale au niveau de la population qui soient interopérables avec les données écologiques et environnementales. Une surveillance accrue de la santé mentale dans un climat changeant est nécessaire pour comprendre les effets des changements climatiques sur la santé.

Construire des communautés et des infrastructures résistantes au climat

L'adaptation aux changements climatiques nécessitera des changements importants dans la planification et la construction de nos communautés, de leur conception globale à leurs infrastructures individuelles. Les infrastructures (par exemple, les bâtiments, les transports, l'énergie) sont l'un des secteurs les plus exposés aux impacts climatiques, et ces impacts peuvent avoir des effets négatifs sur les écosystèmes, la santé et le bien-être, les ressources culturelles et l'économie. C'est également l'un des secteurs qui présente le plus grand potentiel de réduction de la vulnérabilité et des émissions de GES.

Pour éclairer les efforts visant à accroître la résilience des communautés et des infrastructures, un travail fondamental est nécessaire pour mieux comprendre les risques. Une approche intégrée des évaluations des risques qui examine les risques climatiques, les vulnérabilités, les interdépendances des systèmes et les impacts en cascade permettra de mieux comprendre les risques climatiques actuels et futurs et leurs coûts associés à diverses échelles. Une meilleure compréhension des risques bénéficiera également de la poursuite des travaux sur les risques naturels, les phénomènes météorologiques extrêmes et les effets des changements climatiques à évolution lente, par exemple sur la manière dont les changements de fréquence et d'intensité affecteront la résilience et la fiabilité des infrastructures (par exemple, augmentation des charges, vieillissement accéléré des matériaux, augmentation de la demande énergétique) et sur les effets susceptibles d'avoir les conséquences les plus importantes aujourd'hui et à l'avenir. Dans le contexte de l'évolution rapide de l'Arctique et du Nord, il est particulièrement important de mieux quantifier les impacts climatiques au fil du temps (par exemple, les précipitations, la température, le vent, la fonte du pergélisol, le changement du niveau de la mer, la glace de mer, les vagues, les ondes de tempête) et de déterminer leurs effets sur les infrastructures déjà vulnérables, notamment pour les communautés autochtones, et les mécanismes d'atténuation et d'adaptation. Les travaux économiques sur les changements non linéaires et les points de basculement en ce qui concerne les infrastructures vulnérables, y compris les questions de pertes et de dommages, de responsabilité et d'indemnisation, permettront une compréhension plus intégrée du risque.

En plus de comprendre les risques liés au climat pour les collectivités et les infrastructures canadiennes, il est nécessaire de comprendre la valeur des mesures de résilience et leurs avantages connexes. Il s'agit notamment de mieux évaluer le rapport coût-bénéfice ou le retour sur investissement des solutions de conception et de modernisation des infrastructures traditionnelles, hybrides et naturelles, ainsi que d'analyser la manière dont les mesures d'efficacité énergétique et la qualité de la construction et de l'entretien influent sur les émissions des infrastructures construites, y compris les biens patrimoniaux. En outre, une compréhension plus intégrée des implications et des co-bénéfices économiques, sociaux, sanitaires, écologiques, culturels et de réconciliation des différentes solutions d'infrastructures résilientes est nécessaire à toutes les échelles, car cela sera crucial pour développer des infrastructures résilientes, équitables et culturellement appropriées au Canada. Par exemple, elle contribuerait au développement de systèmes de logement, d'énergie et de transport et d'infrastructures côtières dans les communautés arctiques, nordiques et autochtones.

L'élaboration et la mise en œuvre de solutions d'infrastructure nécessiteront la mobilisation des connaissances et une capacité professionnelle accrue. Les méthodes qualitatives peuvent aider les chercheurs et les praticiens à comprendre les défis auxquels différents professionnels sont confrontés dans la construction de communautés et d'infrastructures résistantes au climat (par exemple, les urbanistes, les ingénieurs, les directeurs du développement économique, les gestionnaires de situations d'urgence, les directeurs de parcs, les gestionnaires de services publics).

Au niveau des actifs, l'emplacement, la conception, la réparation et le remplacement des actifs construits bénéficieront des données et des analyses sur les types et l'état des actifs existants, ainsi que d'une plus grande couverture des informations relatives aux impacts des changements climatiques sur les matériaux et les processus géologiques (par exemple, l'érosion, le pergélisol, les glissements de terrain). La gestion des actifs est un point d'entrée prometteur pour les efforts d'adaptation, et des travaux sont nécessaires pour développer un meilleur suivi des actifs, identifier les meilleures pratiques pour renforcer la résilience, et mieux comprendre l'intersection de l'adaptation et de l'atténuation (par exemple, les évaluations des coûts et des GES sur le cycle de vie).

En ce qui concerne les solutions d'infrastructure au niveau du paysage et de la communauté au sens large, des travaux sont nécessaires dans deux domaines : l'infrastructure naturelle et la conception de la communauté / la forme construite. Les solutions d'infrastructures naturelles, la naturalisation des paysages et la nature en général (y compris les réseaux de zones protégées) peuvent apporter des contributions importantes au renforcement de la résilience, en plus d'offrir de multiples co-bénéfices. Des travaux sont nécessaires pour aider les décideurs à comprendre comment et où appliquer ces solutions. La recherche liée à la conception de communautés résilientes et à la forme construite est également nécessaire pour déterminer comment mettre en œuvre des changements de conception de communautés transformationnelles de manière pratique et réalisable, qui respecte l'environnement et qui maximise les co-bénéfices pour la santé. Cette recherche est nécessaire dans une série de contextes (par exemple, urbain, rural, éloigné, arctique, nordique, autochtone). Les projets pilotes pourraient jouer un rôle important en incitant les communautés à codévelopper, tester et évaluer des interventions spécifiques au contexte (par exemple, une densification croissante).

Les communautés résilientes dépendent d'une série de systèmes (par exemple, les établissements de santé, l'eau, l'énergie, les transports) qui doivent rester opérationnels pendant les événements extrêmes ou revenir en opération rapidement après ces événements. La recherche est nécessaire pour améliorer la résilience de ces systèmes et de leurs divers recoupements, notamment par l'élaboration de codes et de normes révisés. Cela comprend des travaux ciblés liés aux infrastructures essentielles (par exemple, les hôpitaux et les établissements de santé) et aux infrastructures communautaires nécessaires pour les soutenir (par exemple, les routes, l'eau et l'assainissement). Une meilleure compréhension des attributs de la résilience (par exemple, redondance, diversité, modularité) et de la manière dont ils peuvent être intégrés dans les communautés canadiennes et les systèmes sur lesquels elles comptent sera également bénéfique.

Une meilleure capacité à prévoir la disponibilité et la qualité futures de l'eau permettra aux municipalités de prendre des décisions éclairées en matière de planification et de réponse aux effets des changements climatiques sur leur approvisionnement en eau, et contribuera également à la planification, à la préparation et aux réactions aux catastrophes liées à l'eau. Il convient de compléter ces travaux par des recherches sur la gouvernance inclusive pour la gestion intégrée de l'eau à l'échelle locale et régionale.

La société canadienne dépend d'intrants énergétiques divers, et il est essentiel d'accroître la résilience des processus et des infrastructures associés à la production, à l'acheminement et à la consommation de cette énergie. Des recherches sont nécessaires pour développer des stratégies de communication, des algorithmes de contrôle, une surveillance modernisée et des technologies appropriées et adaptées pour réduire la dépendance au diesel. En outre, la mise en œuvre de systèmes énergétiques modulaires, à applications multiples (par exemple, la cogénération), évolutifs et résistants, sans émissions, nécessitera une approche globale de la recherche pour trouver des synergies et faire progresser plusieurs priorités à la fois. La planification de ces solutions, en particulier dans les communautés arctiques, nordiques, autochtones et éloignées, nécessitera de comprendre comment équilibrer les besoins en infrastructures énergétiques avec la sécurité énergétique, le maintien de l'intégrité écologique et la capacité à fournir des solutions climatiques basées sur la nature.

ENCADRÉ 7. INONDATIONS : COMPRENDRE LE RISQUE ET LA RÉSILIENCE

On s'attend à ce que de nombreuses régions du Canada connaissent une augmentation des risques d'inondation en raison des changements climatiques, principalement à cause de pluies intenses, de l'élévation locale du niveau de la mer, de l'évolution des conditions de glace des mers, des rivières et des lacs, des ondes de tempête, de l'augmentation de la hauteur des vagues et d'autres changements environnementaux. Ces impacts se conjuguent parfois avec des décisions d'aménagement du territoire qui ne tiennent pas compte des risques climatiques et d'inondation.

Les inondations au Canada causent chaque année plus d'un milliard de dollars de dommages, certaines populations (par exemple, les Premières Nations dans les réserves et les communautés métisses, les communautés côtières) étant plus susceptibles d'être évacuées et de bénéficier de périodes de rétablissement plus longues. Les inondations exacerbées par les changements climatiques peuvent accroître les risques pour la santé et la sécurité publiques, endommager les infrastructures, affecter la stabilité des paysages, perturber les systèmes municipaux d'approvisionnement en eau potable, d'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées, et provoquer des rejets soudains de contaminants ou d'éléments nutritifs à partir de zones agricoles, industrielles et urbaines, ce qui a des répercussions importantes sur la santé publique et les écosystèmes.

Les changements climatiques et les activités humaines (par exemple, le défrichement de la végétation, le détournement de l'eau, le pavage) ont eu un impact sur de nombreuses caractéristiques des paysages de surface, y compris les forêts et les zones humides, qui peuvent affecter l'hydrologie d'une région et le risque d'inondation associé. Toutefois, on comprend mal comment ces changements affecteront les inondations futures et quelles interventions peuvent être utilisées pour réduire les risques d'inondation (par exemple, la restauration des écosystèmes).

Il existe un nombre croissant d'informations quantitatives sur les risques et les conséquences des inondations (y compris les dommages économiques et matériels), ainsi que des informations qualitatives provenant de communautés autochtones et basées sur les leçons tirées d'adaptation aux changements terrestres passés et sur les histoires récentes d'inondations. Toutefois, il faut poursuivre les travaux impliquant de nombreux modes de savoir pour mieux comprendre les futurs régimes d'inondation. Il s'agit notamment de mieux comprendre les risques d'inondation futurs dus à des précipitations extrêmes, ainsi que la complexification des inondations printanières attribuable à des facteurs tels que la modification du manteau neigeux en hiver, le ruissellement printanier plus précoce, les embâcles fluviaux et les conditions du sol. Pour les régions côtières, une meilleure connaissance des changements à long terme du niveau local de la mer et de la réduction de la glace de mer est

essentielle, car ces facteurs entraîneront des dommages plus fréquents aux infrastructures côtières et aux écosystèmes qui soutiennent les secteurs de la pêche et du tourisme.

En ce qui concerne la mise en œuvre des efforts de réduction des risques, on estime que des écosystèmes en santé et résilients, tels que les bassins versants forestiers, les tourbières et les zones humides, ont un rôle essentiel à jouer pour protéger les communautés des inondations. La mesure dans laquelle ces écosystèmes améliorent les risques d'inondation est propre à chaque site et n'est pas toujours bien quantifiée, pas plus que les impacts d'un réchauffement climatique sur ces écosystèmes dans les régions inondables.

La réduction des risques d'inondation est un élément clé de la planification de la gestion des urgences. Au-delà de l'étape critique de la mise à jour des cartes des inondations, la science doit continuer à évoluer en intégrant les outils de modélisation climatique, météorologique et hydrologique à des informations améliorées sur la couverture terrestre afin d'améliorer la planification et la conception technique grâce à une analyse détaillée du cycle hydrologique en accélération. Il est nécessaire d'améliorer les prévisions opérationnelles des inondations pour les communautés et les régions intérieures, fluviales et côtières, qui reposent sur de meilleures prévisions de l'évolution de l'intensité et de la fréquence des précipitations extrêmes. Les communautés côtières seront encore plus exposées à une augmentation des inondations en raison de l'élévation du niveau de la mer, de la fréquence et de la gravité accrues des tempêtes et de l'augmentation des ondes de tempête.

Une meilleure compréhension des mécanismes de gouvernance inclusifs pour la gestion intégrée de l'eau, y compris la gestion des risques d'inondation, à l'échelle locale et régionale, permettra d'éclairer les mesures de réduction des risques. Des travaux sont également nécessaires pour comprendre comment les interventions de réduction des risques d'inondation et de catastrophe (par exemple, amélioration des déversoirs, rétention des zones humides, relogement des communautés, modification du zonage, ajustement du financement des secours en cas de catastrophe et des assurances contre les inondations) pourraient affecter les communautés vulnérables, afin d'éviter d'exacerber les inégalités sociales et sanitaires. Ce travail devrait s'appuyer sur les enseignements tirés des communautés autochtones et non autochtones qui ont subi des inondations.

Des recherches sont également nécessaires pour mieux comprendre les conséquences des inondations sur la santé mentale et la communauté. De plus les travaux visant à comprendre la réponse de la société aux risques d'inondation permettront de comprendre comment encourager l'adaptation à de nombreux niveaux, notamment la mise en œuvre de codes, de normes et de lignes directrices en matière de construction résistante au climat. Enfin, étant donné le large éventail d'impacts (santé publique, multiples secteurs économiques, écosystèmes, infrastructures), la recherche sur l'évaluation économique ou les coûts d'adaptation et de résilience évités est importante pour orienter les mesures, notamment les analyses économiques qui comparent les coûts d'atténuation des inondations à long terme aux coûts de relocalisation.

Comprendre les impacts du climat sur le commerce, les migrations, le développement et la gouvernance

Les changements climatiques auront un impact sur les systèmes socio-économiques, tels que le commerce, les migrations et la coopération internationale. Ils peuvent également aggraver les tensions géopolitiques et les conflits sociaux, déclencher des crises humanitaires et le déplacement de populations et affecter les systèmes commerciaux mondiaux. Des recherches sont nécessaires pour évaluer l'ampleur et la probabilité de ces risques et le rôle de l'adaptation dans leur réduction.

Les travaux visant à comprendre le potentiel des changements climatiques à agir comme un multiplicateur et un amplificateur de menaces dans le contexte de la sécurité internationale et mondiale doivent examiner les impacts potentiels sur le commerce national et international (par exemple, les impacts de la politique climatique sur les différends commerciaux, les impacts sur les infrastructures de transport liées au commerce), ainsi que leur impact sur les traités, les frontières et les accords nationaux et internationaux. Il est également

nécessaire d'évaluer l'efficacité des dispositions environnementales existantes dans les accords commerciaux du Canada pour réduire les effets négatifs du commerce sur le climat et l'environnement, ainsi que de mener des recherches pour faire progresser la collaboration internationale en matière de commerce respectueux du climat. Il sera également utile de mieux comprendre la résilience des routes commerciales, les effets potentiels des changements climatiques et des événements extrêmes sur celles-ci, ainsi que les moyens de remédier aux vulnérabilités et de renforcer la résilience.

Les changements climatiques menacent de réduire à néant les progrès considérables réalisés en matière de développement au niveau mondial au cours des dernières décennies et pourraient faire passer de nombreuses personnes dans les pays en développement sous le seuil de pauvreté. La recherche sur les effets des changements climatiques et des politiques liées au climat sur les plus pauvres et les plus vulnérables pourrait contribuer à améliorer les résultats de l'adaptation de l'aide internationale dans les pays en développement. Des travaux sont également nécessaires pour comprendre les répercussions des changements climatiques sur les schémas migratoires mondiaux et les programmes d'immigration et de réinstallation du Canada, ainsi que les stratégies de préparation à ces besoins, par exemple en ce qui concerne la fourniture de services sociaux et de santé.

En ce qui concerne la gouvernance locale, davantage de recherches sont nécessaires pour comprendre le degré d'autonomie des municipalités, la manière dont cela affecte la mise en œuvre des politiques climatiques (en particulier les politiques définies aux niveaux fédéral et provincial), et les moyens de développer et d'accroître la flexibilité des outils de gouvernance municipale pour s'assurer que la mise en œuvre reflète les réalités locales. Compte tenu de la circulation des personnes et des produits, la recherche visant à soutenir une gouvernance multipartite et une coordination régionale plus efficace en matière d'action climatique sera bénéfique, tout comme les travaux visant à mieux comprendre la fragmentation de la gouvernance et la régionalisation ainsi que leur impact sur l'efficacité de l'action.

Une société neutre en carbone

Le dépassement de l'objectif de réduction des émissions de GES du Canada en 2030 dans le cadre de l'Accord de Paris et la réalisation de la carboneutralité au Canada d'ici 2050 nécessiteront des changements transformationnels dans l'ensemble de la société et de l'économie. Cela signifiera une décarbonisation substantielle dans tous les secteurs, en particulier dans le secteur de l'énergie, qui représente la majorité des émissions. Il faudra pour cela modifier considérablement notre façon de produire et d'utiliser l'énergie, ainsi que protéger et améliorer nos puits de carbone. Une série d'instruments de politiques publiques, incluant des instruments économiques, seront nécessaires pour stimuler ce changement et soutenir les technologies émergentes qui pourraient contribuer à la décarbonisation. Si les technologies et l'économie sont des éléments importants de la solution, la décarbonisation est également un défi comportemental, et le travail des sciences sociales sera essentiel pour comprendre ce qui limite ou inspire l'action.

Accélérer le changement social et comportemental

Engager les membres du public quant aux politiques adoptées en réponse aux changements climatiques et les motiver à prendre des actions sont des fondements importants des efforts d'atténuation ambitieux et fructueux. Les changements économiques et comportementaux peuvent être difficiles à maintenir à long terme par la simple conception de politiques sans un soutien social fort et continu. Comprendre les perceptions des Canadiens sur l'évolution de la politique climatique (par exemple, par le biais de sondages auprès des canadiens sur l'énergie et l'environnement) et leurs attitudes à l'égard des changements de comportement, par des études longitudinales prolongées, aidera à concevoir des politiques cohérentes avec la science du climat et qui augmentent le niveau de rigueur de manière socialement acceptable afin de faire évoluer la société canadienne vers des points de basculements positifs qui entraîneront des changements rapides. Cette compréhension pourrait également être essentielle pour susciter l'adhésion des communautés qui ont compté sur les industries à forte intensité de carbone pour leur subsistance et leur prospérité économique pendant de nombreuses décennies.

Des travaux similaires sont nécessaires pour mieux comprendre les comportements qui conduisent à la résilience climatique, et il sera important d'étudier conjointement l'adaptation et l'atténuation, le cas échéant, afin de maximiser les avantages connexes. Au-delà des approches axées sur le changement de comportement individuel, il est nécessaire de développer des perspectives portant sur la normalisation systémique de la durabilité dans l'ensemble de la société. Comprendre comment structurer l'éducation pour renforcer la durabilité environnementale et l'action en faveur du climat jouera un rôle important à cet égard, tout comme la recherche sociale sur les processus d'éducation environnementale et d'apprentissage social.

La recherche relative à la communication efficace et à la formulation appropriée des messages est nécessaire pour encourager la sensibilisation et l'action, pour lutter contre la complaisance ou la tendance à réagir à un risque urgent plutôt qu'à un risque qui se développe lentement, et pour renforcer le soutien aux mesures proposées. Cela est d'autant plus important que ce message est dynamique et évolue au fur et à mesure que les individus modifient leurs valeurs et leurs comportements.

La poursuite de la recherche en psychologie, en économie et en sciences sociales sur les changements de comportement sera bénéfique, tout comme une meilleure intégration des connaissances existantes dans ces domaines dans la prise de décisions et la planification. Il s'agit notamment de travailler à la compréhension des facteurs qui motivent ou empêchent l'action aux niveaux individuel et collectif, y compris le renforcement positif entre le changement de comportement et le changement structurel. La compréhension des états futurs possibles de nos systèmes et structures (par exemple, sociaux, économiques, politiques) est essentielle pour identifier les combinaisons de politiques qui soutiennent les comportements écologiquement durables qui renforcent les objectifs liés au climat. Enfin, la connaissance des domaines dans lesquels le comportement individuel et social peut jouer le plus grand rôle dans la création du changement permettra d'accélérer les progrès en matière de réduction des émissions et de renforcement de la résilience.

Déterminer les voies de la décarbonisation

Alors que le Canada poursuit ses efforts de décarbonisation en vue d'atteindre des émissions de carbone nettes zéro en 2050, il faudra mener de nombreuses recherches pour comprendre le processus de décarbonisation, les différents leviers qui peuvent être utilisés et les obstacles potentiels. Le processus de décarbonisation ne sera pas linéaire. En fait, les tentatives de mesurer les progrès initiaux pourraient ne pas révéler que des changements sont en cours. Il est donc nécessaire de mener des recherches pour mettre au point des indicateurs mesurables du changement transformateur.

Les analyses prévisionnelles seront utiles pour identifier les voies de changement transformationnel, tandis que la recherche appliquée sur les trajectoires de décarbonisation et les analyses qui modélisent l'impact de diverses combinaisons d'instruments de politiques soutiendront l'élaboration de stratégies d'atténuation détaillées. Ce travail devrait viser à améliorer la compréhension des perspectives technologiques, sociales, sanitaires, politiques et économiques liées à ces voies. Étant donné que les instruments de politiques publiques peuvent conduire à un changement à grande échelle et à long terme et à un soutien public accru, les travaux d'évaluation du potentiel de transformation des différentes interventions seront un complément utile.

Les modèles d'évaluation intégrée (MEI) peuvent fournir une synthèse des connaissances dans de multiples contextes sociaux, économiques et climatiques futurs. Dans un contexte climatique, les MEI relient les facteurs sociaux et économiques aux modèles climatiques du système terrestre. Les résultats des MEI sont interdisciplinaires par nature et peuvent illustrer les risques et les avantages potentiels de plusieurs trajectoires qui évoluent de manière simultanée. Toutefois, la capacité des MEI est limitée au Canada.

Le renforcement de la capacité d'analyse et de modélisation au Canada est une condition préalable à la compréhension des compromis et des synergies inhérents aux politiques publiques et à la réglementation dans le domaine des changements climatiques. Cela permettra de soutenir le développement de voies d'atténuation des émissions et de priorités d'adaptation qui répondent aux diverses priorités et valeurs sociétales, culturelles, sanitaires, économiques et environnementales au Canada. Une collaboration et une capacité accrues dans le milieu universitaire, le gouvernement et les communautés autochtones favoriseront l'amélioration et l'extension futures des MEI qui sont adaptées aux contextes canadiens. Les domaines prioritaires dans le développement des MEI pourraient inclure les dommages et les rétroactions (par exemple, les effets du dégel du pergélisol, les impacts et les effets des polluants atmosphériques), l'apprentissage et les transitions technologiques pour les options d'atténuation, les coûts et les avantages de l'atténuation et de l'adaptation, l'inclusion intégrée des solutions climatiques basées sur la nature, et les effets des transformations socio-économiques (par exemple, l'économie circulaire).

Au fur et à mesure que les travaux de décarbonisation progressent, des avancées en économie et en sciences sociales seront nécessaires pour éclairer une transition juste. La recherche en sciences sociales peut aider les communautés à planifier de nouveaux avenirs énergétiques et à gérer les impacts sociaux imprévus pendant la transition. Il faut analyser des stratégies alternatives en matière d'emploi et d'économie qui soient à la fois créatives et suffisamment ambitieuses pour faire face aux changements nécessaires dans l'économie canadienne. Parmi les questions spécifiques liées au marché du travail, citons la manière dont les travailleurs des différents secteurs seront affectés par les changements climatiques et la réponse du Canada à ce phénomène, ainsi que la répartition par sexe de l'emploi dans les domaines destinés à atténuer les changements climatiques, tels que l'énergie propre ou le transport durable. En outre, des études sur les changements structurels sont nécessaires pour garantir que le fardeau de cette transition ne retombe pas sur ceux qui peuvent le moins se le permettre, tout comme des travaux visant à comprendre les questions du caractère abordable et de la fiabilité des énergies propres. Enfin, les stratégies de décarbonisation peuvent

avoir des implications et des conséquences involontaires (positives ou négatives) sur, par exemple, la santé humaine et le bien-être. Il sera nécessaire de comprendre ces impacts, les moyens de faire face aux compromis, aux conflits et aux résistances, ainsi que les possibilités de maximiser les avantages connexes et de renforcer la résilience climatique.

Les progrès des systèmes socio-technologiques peuvent contribuer aux transitions vers la durabilité, et l'énergie est un domaine clé. La décarbonisation de l'approvisionnement en énergie jouera un rôle essentiel, et il existe un vaste besoin en matière de science liée à l'évaluation du cycle de vie complet des sources et voies d'énergie propre (par exemple, solaire, éolienne, nucléaire, hydraulique, géothermique, hydrogène, biomasse) et fossiles, de l'efficacité énergétique et de l'électrification. Les progrès en matière d'intelligence artificielle, de mégadonnées, de barrières non techniques et sociales et de matériaux avancés seront essentiels. En termes d'efficacité énergétique, la recherche est nécessaire pour aider à promouvoir les prochaines générations de technologies afin d'améliorer l'efficacité des véhicules et des infrastructures connexes, des processus industriels (par exemple, par l'entremise des systèmes de gestion de l'énergie), et des bâtiments (par exemple, les appareils intelligents, la conception carboneutre, le chauffage et le refroidissement des locaux). Il sera également essentiel de comprendre le rôle des technologies de capture de CO_2, d'utilisation et de stockage du carbone et de développer des produits commercialisables à partir du dioxyde de carbone pour rendre ces technologies économiquement viables afin de réduire les émissions provenant de sources plus difficiles à remplacer par des alternatives moins émettrices.

Pour ce qui est de l'électrification, il faut réaliser des progrès dans les technologies innovantes, notamment les technologies et systèmes énergétiques intelligents et décentralisés, les technologies intégrées pour une énergie plus propre, et le chauffage propre et la production combinée de chaleur et d'électricité. La recherche visant à développer des technologies de petits réacteurs modulaires et de stockage de l'énergie qui seront appliquées au niveau communautaire permettra de remédier à la variabilité de certaines technologies renouvelables. L'électrification des transports nécessitera des travaux pour développer des technologies plus avancées à émission zéro là où il n'existe pas de solutions pratiques pour réduire les émissions. Les principales lacunes concernent les véhicules moyens et lourds, les équipements hors route et les secteurs maritime et ferroviaire. La recherche visant à lever les obstacles à l'installation, au fonctionnement et à la gestion des infrastructures contribuera également à l'électrification des transports.

Le développement des carburants propres de l'avenir exige une meilleure compréhension de leurs effets au cours de l'ensemble de leur cycle de vie et de la manière dont les systèmes et infrastructures existants doivent être adaptés pour permettre leur utilisation. Pour soutenir efficacement les modèles d'évaluation intégrée des risques et avantages potentiels des futurs carburants, il faut réaliser des analyses de cycle de vie (ACV) fondées

LA SCIENCE EN ACTION : RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE GES LIÉES À L'AVIATION GRÂCE AUX MÉLANGES DE BIOCARBURANTS

Un projet de recherche regroupant plusieurs partenaires, dont Chevron Lummus, Agrisoma Bioscience, le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et le Groupement aéronautique de recherche et développement en environnement, a conduit au premier vol d'un avion à réaction civil alimenté à 100 % par un biocarburant en 2012. Les travaux visant à faire progresser l'aviation durable se poursuivent. Par exemple, les partenaires du projet de recherche sur les émissions et les carburants de substitution pour l'aviation civile recueillent des données pour tester les avantages environnementaux de l'utilisation des biocarburants dans les vols commerciaux. Un équipement de détection avancé monté sur un avion de recherche du CNRC mesure l'impact des mélanges de biocarburants sur la formation de traînées de condensation à partir d'un avion en exploitation commerciale. Les résultats de ces travaux ont montré que les émissions d'un avion commercial en mode croisière sont considérablement réduites lorsqu'on utilise un mélange de biocarburants par rapport au carburant pour avion conventionnel.

sur la science, qui établissent avec précision les émissions de polluants climatiques à courte durée de vie, de principaux contaminants atmosphériques et de substances toxiques dans de multiples trajectoires d'utilisation de carburants renouvelables et non renouvelables qui évoluent simultanément. Pour que l'élaboration des politiques soit efficace, il faudra que la nouvelle science de l'ACV permette une différenciation spatiale et temporelle à haute résolution des risques et des avantages pour la santé et l'environnement des futurs carburants renouvelables et non renouvelables sur l'ensemble des voies de production et de consommation. Par exemple, la conception des futurs systèmes énergétiques nécessite des recherches sur la résilience, la fiabilité, le coût économique, la sécurité énergétique et la minimisation de l'utilisation des terres, tandis que les politiques en matière de carburants renouvelables doivent être éclairées par la recherche pour garantir que le développement des biocarburants ne met pas en danger la sécurité alimentaire. La mise au point et l'intégration de carburants plus propres nécessiteront la mobilisation de la communauté pour favoriser le leadership et l'appropriation de ces initiatives.

D'un point de vue infrastructurel, les choix faits aujourd'hui concernant la construction et la gestion des infrastructures bâties et des actifs naturels auront des conséquences à long terme sur la décarbonisation au Canada. Il est essentiel de mieux comprendre le potentiel d'atténuation des infrastructures, ainsi que les avantages connexes des mesures conjointes d'atténuation et d'adaptation. Des outils, des méthodes et des données d'ACV précis, transparents et fiables sont nécessaires pour soutenir la prise de décision en matière d'infrastructures et devraient tenir compte des projections climatiques et de la résilience. Il est également nécessaire de mieux comprendre quand et où appliquer des solutions d'infrastructures naturelles et hybrides et de pouvoir quantifier les réductions potentielles et les co-bénéfices qui y sont associés, notamment grâce à une méthodologie normalisée pour mesurer les émissions et le carbone incorporé dans les matériaux et les actifs naturels et artificiels. En ce qui concerne les améliorations de l'efficacité énergétique, les estimations de la capacité à rénover de manière rentable le parc immobilier et les sites patrimoniaux seront utiles. Les défis associés aux bâtiments et aux sites du patrimoine canadien sont uniques, tant en termes d'atténuation que d'adaptation, et des recherches sont nécessaires pour fournir des orientations sur la modernisation de ces sites.

Protéger et améliorer nos puits de carbone

Les absorptions nettes de carbone dans les systèmes terrestres et aquatiques seront un outil important pour atteindre des émissions nettes nulles. Pour agir sur ce front, il faudra améliorer la compréhension fondamentale des stocks de carbone et des flux et transferts de GES. Une attention particulière doit être accordée aux écosystèmes nordiques, étant donné les interactions complexes entre le paysage et les systèmes de pergélisol et le système atmosphère-mer-glace-océan. Il existe ici une possibilité de partenariat avec les peuples autochtones du Nord pour renforcer les capacités, collecter des données cohérentes et précises et exploiter les synergies avec le savoir autochtone, assurant ainsi la participation du nord à la recherche nordique.

Actuellement, environ le quart du CO_2 généré par les activités humaines qui entre dans l'atmosphère est absorbé par les océans. Cependant, il existe des incertitudes quant à la capacité des océans à absorber le carbone dans le contexte des changements climatiques, et des recherches supplémentaires s'imposent (par exemple en ce qui concerne le réchauffement des océans, les changements dans la production primaire, le recul de la glace de mer). Des recherches sont également nécessaires pour mieux comprendre les mouvements du carbone dans les systèmes aquatiques, ainsi qu'entre les environnements terrestres et aquatiques. Un cadre intégré pourrait permettre la collaboration et permettre d'aborder les interactions et les liens entre les systèmes terrestres et aquatiques (par exemple, les zones humides, les forêts, les prairies, les terres cultivées, les systèmes aquatiques intérieurs et côtiers).

Étant donné l'asymétrie du risque qui existe entre la lente absorption naturelle du carbone et le potentiel de sa libération rapide en cas de perturbation, des travaux sont nécessaires pour mieux comprendre et estimer les impacts des changements climatiques et de l'activité humaine sur les stocks de carbone et les flux de GES, en particulier à l'échelle régionale. Il existe des lacunes spécifiques en matière de connaissances sur les zones humides, les lacs, les rivières, le pergélisol, les sols et les tourbières du nord. L'amélioration de la manière dont les perturbations (par exemple, le drainage agricole, l'extraction des ressources) et les mesures de gestion (par exemple, liées aux forêts, à la foresterie et aux sols) sont observées, quantifiées et modélisées réduira l'incertitude quant au potentiel d'atténuation de ces systèmes.

Dans le cadre de l'examen des stratégies d'atténuation, il convient de prendre en considération l'ensemble du système environnement-économie, y compris les émissions nettes de GES et les autres effets du forçage climatique sur les écosystèmes et l'utilisation humaine de ceux-ci (par exemple, pour les produits du bois, les aliments, l'énergie). En outre, comme les changements climatiques entraînent des changements dans l'adéquation des terres, les zones agricoles peuvent se déplacer au détriment des forêts ou des zones humides, et il est nécessaire de travailler à l'évaluation de l'impact de ces changements sur les flux de carbone et de GES, ainsi que d'autres conséquences environnementales et socio-économiques.

Puisqu'il faut réduire rapidement et profondément les émissions, les travaux visant à mieux comprendre les stocks de carbone et les flux de GES doivent être associés à une recherche appliquée visant à comprendre et à développer les meilleures pratiques et actions d'atténuation régionales et locales dans les secteurs terrestres et aquatiques. Par exemple, cela pourrait inclure la conservation de zones riches en carbone, facilitée par l'utilisation de cultures pérennes en l'agriculture, la culture de macroalgues dans l'océan, la protection des peuplements naturels de varech et de zostères, et la création d'aires protégées et les aires protégées et de conservation autochtones. Cela contribuerait également à atteindre l'objectif de protéger 25 % des terres et 25 % des océans du Canada d'ici 2025. Les décideurs ont besoin de résultats de recherche pertinents pour leur type de terres ou de zones aquatiques spécifique, les options de gestion qui s'offrent à eux, ainsi que les impacts et les risques attendus. Le suivi des résultats des interventions de gestion favorisera l'apprentissage par l'expérience.

Comprendre les aspects économiques de la neutralité en carbone

Il existe encore d'importantes lacunes dans les connaissances relatives aux aspects économiques des options d'atténuation, y compris la rentabilité des diverses technologies et pratiques, et ces travaux aideront à identifier les compromis associés aux différentes voies vers la neutralité en carbone. Cela inclut la recherche visant à déterminer le coût social du carbone, les coûts marginaux de réduction et les mesures d'innovation technologique. Il faut également poursuivre les recherches et la modélisation sur la conception et l'impact des instruments de tarification du carbone, les options de recyclage des recettes et les politiques complémentaires, notamment en ce qui concerne le contexte canadien. Ces recherches devraient être entreprises dans une optique intersectionnelle. La recherche sur l'impact de ces instruments de tarification et des politiques complémentaires sur la compétitivité sera également utile. En outre, il est nécessaire de mener des recherches sur l'évaluation économique des avantages connexes de l'atténuation pour la santé et l'environnement, car ceux-ci peuvent apporter d'importants avantages immédiats à la société et contribuer à compenser les coûts de la réduction des émissions.

La recherche économique liée aux infrastructures est nécessaire sur deux fronts : (1) la mesure de la valeur économique des solutions d'infrastructure (naturelles, hybrides et construites) qui séquestrent le carbone et (2) la mesure de la valeur économique des rénovations potentielles du parc de logements dans les contextes nordiques et éloignés, où ce travail est particulièrement complexe. La recherche dans ce domaine devra tenir

compte des interdépendances entre les aspects sociaux, le bien-être et la réconciliation pour garantir l'équité. Dans le Nord, ces travaux pourraient éclairer la prise de décision immédiate pour répondre aux besoins criants en matière de logement tout en permettant de faire des choix éclairés à court, moyen et long terme en ce qui concerne les voies de développement à faible intensité de carbone.

Enfin, il y a des lacunes à combler en ce qui concerne les implications financières des changements climatiques (par exemple, le financement durable, le financement climatique, l'assurance, les marchés internationaux), notamment en ce qui concerne la mobilisation du financement privé pour une transition juste, l'intégration des risques climatiques dans les décisions financières et la garantie que l'aide au développement est compatible avec les objectifs climatiques.

ENCADRÉ 8. DES TECHNOLOGIES PROPRES POUR DES SOLUTIONS CLIMATIQUES

Les technologies propres, c'est-à-dire tout processus, produit ou service qui réduit les impacts environnementaux, sont essentielles pour la transition vers une croissance à faible intensité de carbone dans tous les secteurs. L'économie verte émergente représente une opportunité économique importante. Pour atteindre les objectifs de réduction des émissions du Canada, il faudra développer des technologies à émissions nettes nulles (par exemple, les énergies renouvelables, les véhicules à émissions nulles, les réseaux intelligents et le stockage, les petits réacteurs modulaires et le captage, le stockage et l'utilisation du carbone), ainsi qu'un déploiement plus large des technologies propres existantes.

La technologie peut fournir des approches alternatives pour produire les biens et services dont nous dépendons d'une manière qui produise de faibles émissions de carbone et soit résiliente et conforme aux principes d'une économie circulaire. Toutefois, il est probable que le temps nécessaire pour mettre à l'échelle et déployer des nouvelles technologies signifie que leur contribution à la réduction des émissions prendrait un certain temps, car il existe encore des obstacles à la mise en œuvre de ces technologies qui doivent être compris.

Les priorités de la recherche sur les technologies propres qui contribueront à l'atteinte des objectifs climatiques et qui positionneront le Canada comme un leader mondial dans ce domaine sont notamment les suivantes :

- Élaborer des stratégies de recherche, de développement, de démonstration et de déploiement de technologies propres, en tenant compte de leurs profils de risque uniques et des obstacles économiques, environnementaux, sociaux, techniques et non techniques au déploiement à grande échelle dans différents secteurs (par exemple, l'eau potable et les eaux usées, les réseaux intelligents, les réacteurs modulaires intelligents, les solutions basées sur la nature, les technologies de capture du carbone).
- Entreprendre des analyses pour identifier les atouts et les opportunités du Canada en matière de technologies propres, y compris sur les marchés mondiaux, afin de donner la priorité à de nouveaux investissements et d'ancrer la propriété intellectuelle au Canada.
- Développer des méthodologies holistiques pour identifier les technologies non émettrices ayant de multiples applications (par exemple, la cogénération de chaleur et d'électricité, la production d'hydrogène, le dessalement de l'eau), les synergies avec d'autres technologies (par exemple, les systèmes énergétiques hybrides), et les co-bénéfices pour d'autres secteurs (par exemple, la santé et l'assainissement, les transports). Améliorer les méthodes (descendantes et ascendantes) de mesure complète des émissions de GES afin d'identifier les possibilités d'atténuation et de vérifier la validité des affirmations relatives aux technologies propres.
- Comprendre le large éventail des implications sanitaires, environnementales et sociales d'une technologie donnée grâce à des outils de prévision et des analyses intégrées afin de comprendre ses conséquences involontaires et prévues (par exemple sur l'air, l'eau, la qualité du sol, la biodiversité, l'utilisation des terres, la santé).
- Développer une compréhension du cycle de vie complet des impacts sanitaires et environnementaux des biens et services sur l'utilisation de l'énergie, les émissions de GES, la pollution de l'air et de l'eau, le démantèlement des sites et l'élimination des déchets afin d'éviter la sélection de technologies disponibles à moindre coût qui pourraient avoir des impacts négatifs à plus long terme.

- Développer des méthodes et de bonnes pratiques pour la mise à l'échelle et le déploiement de nouvelles technologies.
- Développer des projets pilotes pour étudier et démontrer le potentiel des technologies et systèmes à faible émission de carbone et non polluants, et ainsi réduire les risques financiers, réglementaires et techniques et attirer les investisseurs.
- Comprendre les obstacles sociaux, culturels et psychologiques à l'adoption de technologies existantes et nouvelles de combustibles propres ou alternatifs, y compris les conflits ou résistances potentiels résultant d'impacts ou de compromis involontaires de leur mise en œuvre.

Des écosystèmes terrestres et aquatiques résilients

Les changements climatiques menacent les paysages terrestres et marins du Canada, les précieux biens et services écosystémiques qu'ils fournissent, ainsi que la signification spirituelle, culturelle et traditionnelle qu'ils revêtent. Déjà, les aires de répartition des espèces se déplacent, les relations prédateurs-proies et les schémas saisonniers changent et de nouveaux organismes nuisibles, notamment des insectes, des agents pathogènes et des espèces envahissantes, font leur apparition. L'océan, en se réchauffant, devient plus acide et perd de l'oxygène, ce qui entraîne de multiples facteurs de stress pour les écosystèmes marins, et les écosystèmes côtiers sont confrontés à des menaces supplémentaires dues à l'élévation du niveau de la mer et à l'érosion.

Des écosystèmes sains, prospères et résistants ont un rôle essentiel à jouer dans la lutte contre les changements climatiques. Ils constituent un tampon contre les inondations et les sécheresses, rafraîchissent les villes, séquestrent le carbone, fournissent de la nourriture et des matériaux aux communautés et contribuent à la santé et au bien-être des Canadiens, en plus de fournir de nombreux autres services écosystémiques liés ou non au climat. Les recherches nécessaires pour garantir le rétablissement, le maintien et l'amélioration de la résilience des écosystèmes du Canada seront basées sur une compréhension fondamentale de l'impact des changements climatiques sur la biodiversité et les écosystèmes du pays. Elles devront également explorer les moyens d'aider les espèces et les écosystèmes du Canada à s'adapter aux défis des changements climatiques et les façons dont la nature peut nous aider à renforcer notre résilience, notamment en explorant et en exploitant les synergies entre la science occidentale et l'intendance autochtone pour maintenir des écosystèmes résilients.

Comprendre les effets des changements climatiques sur la biodiversité et les écosystèmes

Comprendre comment le changement climatique affecte et continuera d'affecter les écosystèmes terrestres, d'eau douce, de glace de mer et marins et les services écosystémiques du Canada préparera le terrain pour des recherches et des actions ultérieures. Il est nécessaire de mieux comprendre les effets des changements climatiques sur les différentes composantes des systèmes aquatiques et terrestres, ainsi que les processus biophysiques et biogéochimiques qui sous-tendent le fonctionnement d'écosystèmes sains (par exemple, le cycle des nutriments, la dynamique de la végétation, la recharge des aquifères, le stockage et le mouvement de l'eau, les interactions entre l'océan et la glace, entre l'océan et le sol, entre l'océan et les terres émergées et entre les eaux de surface et les eaux souterraines).

En outre, une compréhension plus solide de la sensibilité, de la résilience et de la capacité d'adaptation des écosystèmes et des espèces est nécessaire à tous les niveaux de l'organisation biologique (par exemple, gène, espèce, population, communauté). Il faut notamment mieux comprendre comment les changements climatiques affecteront le cycle de vie des espèces, la composition et le fonctionnement des écosystèmes, ainsi que les interactions entre les espèces et entre les espèces et leur environnement. L'application conjointe du savoir autochtone et de la science, ainsi que de divers outils et approches (par exemple, la génomique, l'ADN environnemental, les approches basées sur les caractères, les observations sur le terrain), sera importante pour faire progresser ces travaux.

Même si les espèces et les écosystèmes sont suffisamment résilients pour s'adapter à un aspect des changements climatiques, les effets cumulés d'un large éventail d'autres facteurs de stress pourraient l'emporter sur cette résilience. Il est donc nécessaire de mieux comprendre l'évolution des facteurs de stress et leur influence sur la réaction des espèces et des écosystèmes. Cela comprend la manière dont les facteurs de stress liés au climat (par exemple, la température, les précipitations, l'acidification des océans, l'hypoxie, les événements extrêmes) évoluent, la manière dont les facteurs de stress naturels et anthropiques non liés au climat changent en raison des changements climatiques et d'autres facteurs (par exemple, la prolifération des algues, l'apparition de nouveaux organismes nuisibles, les contaminants, les changements dans la couverture/utilisation des terres, l'utilisation des ressources), et l'effet cumulatif que ces facteurs de stress ont sur la capacité d'adaptation des espèces et des écosystèmes. Les écosystèmes arctiques sont particulièrement vulnérables et requièrent un axe de recherche spécifique en collaboration avec des partenaires autochtones.

LA SCIENCE EN ACTION : COLLABORATION ET RENFORCEMENT DES CAPACITÉS GRÂCE AU PROGRAMME DE FORMATION SUR LE TERRAIN POUR LES INUITS

L'Arctique canadien se réchauffe plus rapidement que le reste du pays. Mener des recherches dans cette vaste région est un défi, et les Inuits – qui subissent directement les effets des changements climatiques – ont un rôle crucial à jouer dans l'avenir de la surveillance et de la recherche sur le climat. Le programme de formation sur le terrain pour les Inuits d'Environnement et Changement climatique Canada initie les jeunes Inuits aux compétences et techniques requises pour travailler dans un camp de recherche nordique. Organisée en collaboration avec les communautés inuites et comprenant une formation dispensée par une équipe de mentors et de scientifiques inuits, cette expérience pratique est conçue pour renforcer la confiance et l'enthousiasme, et servir de tremplin vers d'autres possibilités de formation ou d'emploi dans la recherche ou la surveillance environnementale. Le programme renforce les capacités des Inuits, afin que ceux-ci puissent jouer un rôle de premier plan dans l'avenir de la recherche sur les changements climatiques dans l'Arctique.

Aider les espèces et les écosystèmes à s'adapter aux changements climatiques

Des mesures d'adaptation proactives sont nécessaires pour minimiser les menaces pesant sur les espèces et les écosystèmes vulnérables. Ces mesures nécessiteront de meilleures prévisions et projections des impacts et des réponses, notamment une meilleure capacité à prévoir les écosystèmes émergents et nouveaux, la sensibilité, la résilience et la capacité d'adaptation, ainsi que les changements dans les relations clés (par exemple, prédateurs-proies, plantes-nuisibles, physiques-biologiques). Les modèles sont des atouts importants dans cette entreprise. Des travaux sont nécessaires pour mieux intégrer les processus physiques, écologiques, biogéochimiques et sociaux dans les modèles. En outre, il sera utile de mieux comprendre quand, où et pour quels espèces et écosystèmes différents types de modèles peuvent être utilisés. Il sera important de comprendre comment les résultats de ces diverses approches sont cohérents ou divergents, et comment les multiples sources d'incertitude affectent les résultats et, par extension, l'action.

Il existe également des besoins de recherche liés à l'élaboration et à l'expérimentation de mesures d'adaptation et à l'identification des obstacles (par exemple, comportementaux, économiques, réglementaires) à la mise en œuvre proactive de ces mesures. Cela comprend des travaux sur la lutte contre les organismes nuisibles, la migration assistée, la conservation de la diversité génétique, la restauration des habitats et la protection et la reconstitution des espèces, ainsi que la conception et l'utilisation d'une variété de paysages terrestres et marins – des systèmes modifiés par l'humain aux zones protégées – pour promouvoir l'adaptation, assurer la connectivité et fournir des refuges. Les décideurs bénéficieront des travaux visant à tester et à améliorer les outils de priorisation existants et à en développer de nouveaux si nécessaire. De multiples sources de données seront nécessaires pour faire avancer ces travaux, notamment la modélisation prévisionnelle et les expériences en laboratoire et sur le terrain. Les études de terrain au niveau des paysages terrestres et marins seront importantes pour évaluer l'efficacité de ces interventions et la réponse complète des écosystèmes à ces interventions, et pour identifier les éventuelles conséquences involontaires.

Travailler avec la nature pour faire avancer l'action climatique

Les solutions fondées sur la nature (SFN) et les termes connexes (par exemple, infrastructure naturelle) sont des actions qui protègent, améliorent, gèrent et restaurent les écosystèmes tout en répondant simultanément aux besoins et aux défis environnementaux, sociaux et économiques. Les SFN peuvent potentiellement jouer un rôle en relevant les défis interdépendants des changements climatiques et de la perte de biodiversité, tout en offrant une série d'autres avantages connexes (par exemple, pour la santé humaine). Dans un contexte de changements climatiques, les SFN peuvent être utilisées pour augmenter le stockage du carbone et/ou renforcer la résilience, et pourraient inclure, par exemple, la plantation d'arbres dans des habitats dégradés, des zones urbaines et des paysages agricoles, la mise en œuvre de pratiques agricoles appropriées, l'ajustement des pratiques de gestion forestière et la restauration des écosystèmes de zones humides, de prairies, de macroalgues et de zostères. L'expansion des réseaux de zones protégées terrestres et marines contribue également aux SFN, en plus d'aider à améliorer la capacité d'adaptation des espèces, des écosystèmes et des paysages (par exemple, en fournissant des refuges climatiques, une connectivité à l'échelle des paysages), bien qu'elle doive se faire de manière à protéger les droits des autochtones et soit intégrée aux travaux sur les aires protégées et de conservation autochtones.

Le *rapport d'évaluation mondiale sur la biodiversité et les services écosystémiques* de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques identifie les changements climatiques comme l'un des cinq principaux facteurs de perte de biodiversité. Le rapport prévoit également que ses effets seront probablement plus importants à mesure que les changements climatiques s'accélèrent et interagissent avec d'autres facteurs de changement et les amplifie. Il peut en résulter un changement non linéaire inattendu, avec des conséquences irréversibles possibles sur la biodiversité et les avantages que la nature procure aux personnes et à la société. L'un des messages clés du rapport est la nécessité de s'attaquer simultanément à la perte de biodiversité et aux changements climatiques, en identifiant les synergies et en reconnaissant les compromis. Les interventions en matière de changements climatiques peuvent présenter des risques ou avoir des effets négatifs sur la nature, et il est nécessaire d'étudier et de prendre en considération l'impact potentiel des interventions en matière de changements climatiques sur la biodiversité et les écosystèmes. Cela inclut les SFN aux changements climatiques, qui ont le potentiel de soutenir la nature et la biodiversité tout comme de nuire à la biodiversité et au fonctionnement des écosystèmes. Étant donné que toutes les SFN n'ont pas une valeur de conservation, la recherche visant à évaluer l'efficacité des approches des SFN pour les priorités de conservation (par exemple, la lutte contre la perte de biodiversité) est un besoin important de connaissances. Il est également nécessaire de mieux comprendre les valeurs des écosystèmes

en matière d'atténuation des changements climatiques. Le développement, l'expérimentation, le suivi et l'évaluation des SFN permettront de comprendre les compromis et les possibilités de maximiser les avantages connexes.

Les travaux visant à combler les lacunes dans les connaissances relatives aux écosystèmes résilients, aux pratiques de gestion des terres et des eaux, au cycle du carbone et aux puits de carbone contribueront à la compréhension et à l'application de la SFN; toutefois, il existe certains besoins de recherche spécifiques à ces interventions, tant de manière générale que dans le contexte des changements climatiques. Il s'agit notamment de mieux comprendre et de quantifier le potentiel de ces actions à influer sur le forçage radiatif, à réduire/éviter les émissions et à renforcer la résilience, à éviter les effets négatifs inattendus (par exemple, l'augmentation de la propagation des organismes nuisibles ou l'exposition aux risques de maladies infectieuses, y compris l'introduction d'espèces envahissantes ou d'habitats pour les agents pathogènes et les vecteurs de maladies infectieuses) et, d'une manière générale, à comprendre comment et où les déployer de la manière la plus efficace. Il sera également important de mieux comprendre comment les extrêmes climatiques et les événements extrêmes influenceront les SFN. Étant donné le potentiel des zones humides, des prairies, des forêts et des macroalgues/vallisnérie en tant que solution naturelle, des travaux seront nécessaires pour identifier et combler les lacunes dans les connaissances relatives aux impacts des changements climatiques sur ces zones.

Les SFN et les infrastructures naturelles peuvent offrir un large éventail d'avantages lorsqu'elles sont déployées seules ou en tandem avec des infrastructures construites traditionnelles. Il sera utile de mieux comprendre ces avantages et de mettre au point une méthode normalisée pour en mesurer la valeur économique, en tenant compte des coûts liés à leur construction initiale et à leur entretien permanent. Dans le même ordre d'idées, la recherche sur les paiements pour les services écosystémiques et la gestion des actifs naturels peut être utile à la mise en œuvre des SFN. Il existe des besoins de connaissances spécifiques liés à l'évaluation de ces biens et services (sur le plan économique, social et culturel), à la gestion des compromis environnementaux et économiques inhérents à la gestion d'un écosystème pour un bien ou un service particulier, et à l'élimination des préoccupations et des obstacles liés à la comptabilité et au financement.

Enfin, si l'intérêt pour ces approches s'est accru, leur mise en œuvre a été lente et relativement limitée. Une recherche interdisciplinaire qui intègre différents systèmes de savoir pour comprendre et minimiser les obstacles à la mise en œuvre serait bénéfique, d'autant plus que les peuples autochtones pratiquent les SFN depuis des temps immémoriaux. Les efforts visant à inclure les gestionnaires des terres (par exemple, les producteurs agricoles) dans la recherche de SFN seraient également utiles, notamment pour relier les connaissances à l'action.

ENCADRÉ 9. GUIDER LES MESURES URGENTES À PRENDRE EN MATIÈRE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET DE PERTE DE BIODIVERSITÉ

La biodiversité décline à un rythme sans précédent dans l'histoire de l'humanité, et les changements climatiques et la perte de biodiversité sont des menaces indissociables. Il devient de plus en plus urgent de les aborder toutes les deux, en particulier dans les zones où ces deux crises se croisent. La nature joue un rôle essentiel dans la régulation du climat. Les effets des changements climatiques sur la biodiversité et les services écosystémiques devraient s'accélérer, et la perte de la nature et des puits de carbone naturels contribue encore aux changements climatiques. Les changements climatiques constituent une menace pour certaines espèces et pourraient aggraver le déclin des populations déjà menacées. Pour faire face aux crises de la biodiversité et du climat, il est essentiel d'approfondir notre compréhension des effets des changements climatiques sur la biodiversité. Cela nous aidera à identifier les espèces et les écosystèmes les plus vulnérables et à déterminer où ils se trouvent, à élaborer des prévisions plus précises des impacts auxquels ils pourraient être confrontés et à comprendre comment des écosystèmes en santé

et résilients peuvent amortir ces impacts sur la biodiversité et les services écosystémiques. Il est nécessaire de comprendre toute la complexité des impacts. Par exemple, une lacune dans les connaissances souvent négligée est l'effet des réponses humaines aux changements climatiques et la façon dont celles-ci peuvent avoir des effets en cascade sur les espèces, les écosystèmes et les services écosystémiques.

Une meilleure compréhension des impacts est essentielle pour identifier des stratégies de conservation et d'adaptation intelligentes et efficaces en matière de climat, en particulier celles qui intègrent une vision dynamique des changements climatiques et de la variabilité de ses effets dans l'espace et le temps, tant au niveau des écosystèmes que des espèces. Les réseaux de zones protégées constituent une stratégie de conservation essentielle et sont de plus en plus importants dans le contexte des changements climatiques. Il existe d'importantes lacunes dans les connaissances relatives aux zones protégées et conservées, notamment en ce qui concerne la compréhension de leur viabilité à long terme dans un climat changeant, ainsi que les lacunes du réseau actuel afin de fournir des refuges et des corridors. Si de nombreux besoins en matière de recherche subsistent, le fait de retarder les mesures de conservation et de gestion peut accélérer les pertes. La gestion adaptative peut fournir un moyen d'apprendre itérativement par la pratique, en faisant progresser les connaissances tout en protégeant la biodiversité du Canada et en respectant nos obligations internationales en matière de conservation (par exemple, dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique, de la Convention de Ramsar et de l'Initiative de conservation des oiseaux d'Amérique du Nord).

Ressources naturelles durables

Il est important de veiller à ce que les secteurs des ressources naturelles du Canada restent résilients et productifs face au changement climatique, étant un facteur clé de la prospérité continue du Canada. Il est nécessaire de mener des recherches afin de mettre au point des pratiques durables et intelligentes sur le plan climatique. Les secteurs de l'agriculture, de la foresterie, de la pêche, de l'aquaculture, de la gestion de l'eau, de l'exploitation minière et de l'énergie sont déjà confrontés à des menaces liées aux changements climatiques, notamment les événements extrêmes, les organismes nuisibles existants et émergents, la modification de la disponibilité et de la qualité de l'eau et l'acidification des océans, entre autres. Le renforcement de la résilience dans de nombreux secteurs des ressources naturelles dépendra des travaux visant à assurer la résilience des écosystèmes du Canada. Dans l'ensemble, les secteurs des ressources naturelles résilients bénéficieront d'une meilleure compréhension des risques liés au lieu auxquels ils sont confrontés, ainsi que d'une compréhension plus intégrée de la manière de faire progresser les multiples objectifs en matière de ressources naturelles et d'utilisation des terres et des eaux. La recherche appliquée visant à éclairer les actions sur le terrain sera également nécessaire pour garantir que les actions soient fondées sur des données probantes et qu'elles soient efficaces et efficientes.

Comprendre les risques pour les secteurs des ressources naturelles

Une meilleure compréhension des changements et des risques auxquels sont exposés les secteurs des ressources naturelles et une meilleure capacité à les prévoir contribueront à garantir que ces secteurs restent compétitifs dans un climat changeant et qu'ils sont en mesure de contribuer aux efforts d'atténuation et d'adaptation. En outre, il est nécessaire de disposer d'outils nouveaux et innovants pour évaluer les menaces qui pèsent sur les systèmes de ressources.

L'amélioration des informations sur la fréquence, la gravité potentielle et l'emplacement des événements extrêmes aidera les secteurs des ressources à gérer leurs opérations afin de réduire les effets de ces événements et de renforcer la résilience de leurs opérations. Dans tous les secteurs, des prévisions à court terme/saisonnières des extrêmes sont nécessaires, tout comme la modélisation à plus long terme pour prévoir les changements et les risques.

Il est également nécessaire de mieux comprendre comment de multiples facteurs de stress et conditions complexes affectent les secteurs des ressources naturelles (par exemple, les combinaisons de la température, de la qualité du sol, de la viabilité des organismes nuisibles et des maladies sur le terrain, ou les combinaisons de l'acidification, de l'augmentation de la température et de la désoxygénation dans l'océan). Pour la pêche et l'aquaculture, il est nécessaire de mieux comprendre les écosystèmes et les réactions de la pêche aux extrêmes. Plus généralement, une meilleure compréhension de la sensibilité climatologique des organismes nuisibles, des maladies et des espèces envahissantes qui affectent la santé des cultures, des forêts et des pêcheries sera bénéfique. En outre, des informations scientifiques sur la disponibilité actuelle et future de l'eau douce permettront d'élaborer des objectifs de protection pour les zones d'eau douce.

Un grand nombre de communautés se sont installées et développées autour des activités des secteurs des ressources naturelles et sont vulnérables aux impacts des changements climatiques. Des recherches sont nécessaires sur le déclassement et le nettoyage des infrastructures de ces industries au fur et à mesure de la transition de ces communautés. Les sciences sociales peuvent jouer un rôle important en aidant à envisager, planifier et mettre en œuvre la transformation des communautés. Elle peut également aider à mieux comprendre les impacts locaux à long terme de la transformation et de la transition économiques ainsi que les questions et les changements sociaux et culturels correspondants.

ENCADRÉ 10. GARANTIR LA SÉCURITÉ ET LA SALUBRITÉ DES ALIMENTS ET DE L'EAU POUR LES CANADIENS

Les perturbations des systèmes d'alimentation et d'eau liées au climat ont des répercussions sur la santé et le bien-être de l'humain en diminuant la sécurité alimentaire et hydrique. Ces perturbations comprennent des impacts directs (par exemple, la sécheresse, les organismes nuisibles, la modification de la répartition des espèces, les vagues de chaleur marine, l'acidification des océans), des impacts sur le transport et le stockage des aliments, et des impacts indirects, tels que les changements dans les opportunités d'emploi et l'augmentation du coût de la vie (y compris le coût des aliments). Le manque d'accès à l'eau potable et les perturbations du système alimentaire affecteront de manière disproportionnée les communautés marginalisées et vulnérables, ainsi que celles qui dépendent de la terre et des océans. Ils rendent également plus difficile l'élimination de la faim et de la pauvreté et la prévention de certaines maladies, parmi d'autres objectifs de développement durable.

Il existe de nombreuses lacunes dans les connaissances relatives au maintien d'un approvisionnement alimentaire solide, nutritif et accessible à tous les Canadiens, depuis la production (agriculture, pêche, aquaculture, aliments prélevés dans la nature) et les importations jusqu'à la récolte, la transformation et la distribution. Les lacunes à combler concernent notamment :

- les composantes du système alimentaire les plus vulnérables aux changements climatiques (changements lents et extrêmes);
- la capacité des écosystèmes à maintenir la biodiversité, l'approvisionnement en eau douce (eaux de surface et souterraines) et la santé des sols;
- l'utilisation des terres et de l'eau pour la production alimentaire et non alimentaire (par exemple, les énergies renouvelables, la séquestration du carbone, la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques);
- des stratégies visant à garantir qu'une quantité suffisante d'aliments de base puisse être produite et livrée à tous les Canadiens;
- le risque de maladies d'origine alimentaire et hydrique;
- les risques et les pressions climatiques pour les populations autochtones et les communautés côtières, isolées et nordiques;
- les vulnérabilités climatiques des systèmes alimentaires des pays et des marchés;
- le risque que la transition économique exacerbe l'insécurité alimentaire existante parmi les populations et les régions vulnérables
- l'étude des comportements pour éclairer la durabilité dans les choix alimentaires.

L'avancement des connaissances dans ces domaines est limité par le manque de données démographiques et socio-économiques et de suivi, notamment dans des formats permettant l'interopérabilité avec les données écologiques et environnementales. Une surveillance accrue des indicateurs liés à la sécurité alimentaire est nécessaire pour comprendre les relations complexes entre les facteurs mentionnés ci-dessus et pour élaborer des projections quantitatives de la disponibilité et de la qualité des aliments et de l'eau.

Faire progresser une compréhension et une évaluation intégrées des ressources naturelles

Étant donné l'importance de faire progresser les actions climatiques qui maximisent les co-bénéfices, il est important de développer une compréhension intégrée des objectifs et des opportunités en matière de ressources naturelles et de zones terrestres et aquatiques. Ce travail soutiendra la planification et la gestion intégrées et bénéficiera de la recherche visant à mettre en place des structures de gouvernance efficaces et inclusives pour la prise de décision dans le contexte des changements climatiques.

Les travaux fondamentaux liés à la gestion des ressources en eau, à la planification de l'utilisation des terres et des eaux (y compris la restauration écologique dans les zones perturbées par l'activité industrielle), à la sécurité alimentaire traditionnelle, à la productivité et à la rentabilité du secteur des ressources, à la séquestration de carbone et à la capacité de charge des écosystèmes seront essentiels pour développer une compréhension intégrée. Les domaines spécifiques de compréhension intégrée à explorer pourraient inclure :

- assurer la sécurité alimentaire, hydrique et énergétique tout en tenant compte des pratiques culturelles, de la santé humaine, de la séquestration de carbone et de la résilience climatique;
- faire progresser la production d'énergie propre (par exemple, bioénergie, hydroélectricité, solaire, éolienne, nucléaire, hydrogène, géothermie) de manière à faire également progresser la production d'aliments et de fibres, le piégeage du carbone et l'autodétermination des autochtones en matière de production de ressources;

- gérer les systèmes forestiers, agricoles, halieutiques et aquacoles dans le contexte des changements géographiques induits par le climat, tout en minimisant les pressions de développement et en protégeant la biodiversité
- la conservation des zones terrestres et aquatiques et de la biodiversité tout en faisant progresser la SFN et en protégeant les paysages éco-culturels et marins.

Des recherches liées à l'évaluation des ressources naturelles et de l'utilisation des terres sont nécessaires, à la fois d'un point de vue économique et d'un point de vue plus holistique. Il faut améliorer les analyses économiques et sociétales des impacts des changements climatiques sur les secteurs des ressources naturelles, en particulier pour les aliments et les fibres, de l'échelle locale à l'échelle mondiale. En outre, des recherches sont nécessaires pour déterminer comment la valeur socio-économique des terres et des systèmes aquatiques est déterminée et comment cela influence les choix d'utilisation des terres/aquatiques pour les secteurs des ressources naturelles, la production d'énergie, la conservation des écosystèmes et le développement urbain/industriel.

Au-delà de cela, il sera important de développer une compréhension intégrée de la valeur économique, sociale, environnementale, sanitaire, culturelle et propre au lieu des systèmes terrestres et aquatiques afin d'éclairer l'intégration des utilisations multiples qui respectent le large éventail d'avantages et d'impacts. Par exemple, les terres et les océans utilisés par les communautés autochtones et nordiques pour la récolte, la chasse et la cueillette d'aliments et de médicaments traditionnels à des fins de subsistance et de revitalisation culturelle ont une valeur globale plus importante, car les changements climatiques exacerbent les taux déjà élevés d'insécurité alimentaire dans ces communautés. Parmi les autres exemples de la diversité des valeurs des multiples utilisations des terres et des eaux, on peut citer la prise en compte conjointe de l'adaptation et de l'atténuation dans les secteurs des ressources naturelles, le développement de systèmes d'énergie renouvelable, l'étude du potentiel de séquestration du carbone et de l'énergie géothermique, et la résilience des écosystèmes naturels.

Permettre une action climatique dans les secteurs des ressources naturelles au Canada

Une atténuation et une adaptation efficaces au climat dans les secteurs des ressources naturelles nécessitent des informations techniques pertinentes aux niveaux régional et local afin d'éclairer les évaluations des risques, de garantir une productivité continue et de permettre toute transition nécessaire en réponse à la mise en œuvre de l'action climatique. Cela comprend la recherche visant à éclairer le développement de pratiques résilientes, intelligentes sur le plan climatique et à faible émission de gaz à effet de serre (par exemple, les technologies d'énergie propre), et à évaluer leurs coûts et avantages, ainsi que la recherche visant à éclairer la résilience du secteur à la variabilité et aux extrêmes. Les efforts de mobilisation des connaissances, ainsi que le suivi, la mesure et l'évaluation des mesures mises en place, seront importants. En outre, une meilleure surveillance - par exemple, pour la conservation des sols, la disponibilité de l'eau douce, l'amélioration du stockage du carbone, l'acidification et la désoxygénation des océans - et l'accès à la télémétrie dans les régions où l'accès est difficile seront également utiles.

Pour les secteurs des océans, de la pêche et de l'aquaculture, il est nécessaire de mettre au point des technologies et des mesures à base de carbone bleu pour lutter contre l'acidification et la désoxygénation des océans, ainsi que de mener des recherches sur des outils décisionnels scientifiques permettant de détecter les effets du climat (et l'incertitude qui y est liée) sur les ressources et leur gestion. Il est également nécessaire de mieux comprendre et évaluer les effets cumulés de multiples facteurs de stress (par exemple, la température, le pH, l'oxygène). Il faut également s'efforcer de mieux tenir compte des changements dans les services et les activités des écosystèmes/ressources aquatiques et dans le bien-être humain lors de l'établissement des priorités des actions visant à accroître la durabilité des systèmes aquatiques dans le contexte des changements climatiques.

Dans le domaine de l'agriculture, il est nécessaire de poursuivre les recherches sur des cultures et des animaux d'élevage résistants, adaptés aux régions et capables de supporter la variabilité saisonnière et les événements climatiques extrêmes. Il est également nécessaire de continuer à développer et à encourager les cultures à faible intensité d'émissions et d'accélérer l'adoption de pratiques de gestion intelligente du climat qui augmentent la séquestration de carbone, réduisent les émissions de GES et contribuent à la résilience des exploitations (par exemple, les infrastructures naturelles comme les zones humides et l'agroforesterie, les systèmes de culture intégrés, l'application précise des nutriments). La participation et l'implication active des producteurs agricoles dans cette recherche bénéficieront en fin de compte à son adoption. Une meilleure définition et un meilleur suivi de la santé des sols seront essentiels pour faire progresser la conservation, la restauration et le stockage du carbone des sols, et faciliter l'accès à des régions agricoles nouvelles ou en expansion.

Pour la foresterie, la recherche est nécessaire pour développer des pratiques de gestion qui augmentent la résilience, la sécurité et le bien-être des communautés, les opportunités économiques et la séquestration du carbone, en tenant compte à la fois de la gestion des forêts et de la façon dont le bois est utilisé. Cela devrait s'étendre à un examen de la politique forestière et des possibilités d'harmonisation avec d'autres politiques sectorielles afin de permettre une action climatique plus efficace et coordonnée. Il est également nécessaire de comprendre les décisions de gestion forestière pour une série de conditions climatiques futures, y compris les options de gestion qui pourraient soutenir à la fois l'atténuation et l'adaptation (par exemple, les pratiques traditionnelles autochtones de gestion forestière) dans le contexte d'un risque croissant d'incendie de forêt.

LA SCIENCE EN ACTION : UTILISER L'ALIMENTATION DU BÉTAIL POUR RÉDUIRE LES ÉMISSIONS

Au Canada, le méthane généré par la digestion le bétail peut contribuer jusqu'à 25 millions de tonnes d'équivalent CO2 par an. Des chercheurs d'Agriculture et Agroalimentaire Canada et d'Australie ont collaboré pour trouver les pratiques exemplaires d'alimentation pour résoudre ce problème et évaluer l'efficacité, la sécurité et la durabilité à long terme de ces pratiques, ainsi que les synergies potentielles entre elles. Ils ont découvert que le fait de nourrir les vaches avec un amidon à digestion rapide comme le blé permettait de réduire les émissions de méthane de jusqu'à 50 % par rapport aux amidons à digestion lente (par exemple, le maïs, l'orge). Ils ont également examiné un additif alimentaire expérimental qui bloque la formation de méthane dans l'estomac de la vache (il a été démontré qu'il réduisait les émissions de méthane de jusqu'à 60 %) et un produit à base de nitrate qui offre une voie alternative à la formation de méthane (il a été démontré qu'il réduisait le méthane jusqu'à 20 %). En s'efforçant de relever un seul défi en matière d'atténuation, cette recherche aide à élaborer des options pour les producteurs qui sont pratiques et rentables pour toute une série de conditions de marché, de pratiques de gestion agricole et de types de bétail.

Dans le secteur de l'énergie, il est nécessaire de mener des recherches sur les facteurs sociaux, politiques, économiques et technologiques qui permettraient d'améliorer les performances environnementales du secteur du pétrole et du gaz. Il s'agit, par exemple, de comprendre comment accélérer et faciliter l'utilisation de technologies non émettrices (par exemple, petits réacteurs modulaires, camions à hydrogène, véhicules électriques) dans les opérations d'extraction des ressources. Des travaux supplémentaires sont également nécessaires pour démontrer et déployer les nouvelles technologies d'énergie renouvelable (par exemple, marémotrice, géothermique), et informer sur la résilience des opérations liées aux ressources naturelles (par exemple, disponibilité de l'eau douce et hydroélectricité; événements extrêmes et sécurité énergétique, accessibilité et infrastructure).

En ce qui concerne l'industrie minière, il existe plusieurs lacunes en matière de recherche et développement sur l'adaptation qui concernent l'évaluation et la réduction des risques entourant la gestion des déchets miniers (par exemple, l'oxydation des sulfures, la gestion des résidus, l'effet du dégel du pergélisol sur les structures de retenue). La recherche sur la valorisation de la gestion des déchets dans un climat en mutation viendrait appuyer ces travaux. Il est également nécessaire d'évaluer et de réduire les risques liés à la gestion de l'eau et des effluents et aux modifications du bilan hydrique. En outre, il faut réaliser des recherches sur les risques pesant sur les écosystèmes, notamment la diversité des espèces et la tolérance aux impacts de l'exploitation minière dans le contexte des changements climatiques. Enfin, une évaluation de l'impact de la variabilité saisonnière et des événements météorologiques extrêmes aidera à comprendre et à traiter les risques liés aux changements climatiques pour les infrastructures minières.

ENCADRÉ 11. CONSIDÉRATIONS SUR L'ARCTIQUE ET LE NORD

Le climat et l'environnement de l'Arctique et du Nord[6] changent plus rapidement et de manière plus imprévisible que partout ailleurs sur la Terre. La région se réchauffe à un rythme environ trois fois supérieur à celui du reste de la planète, et les impacts environnementaux généralisés et de grande envergure de ce réchauffement vont se poursuivre. En outre, l'océan Arctique souffre du taux d'acidification le plus élevé de la planète. Les espèces et les environnements uniques et culturellement importants de la région sont vulnérables de manière disproportionnée aux facteurs de stress naturels et anthropiques. Les changements dans le comportement des espèces sauvages et l'utilisation de leur habitat menacent la viabilité des activités de subsistance traditionnelles, la santé et le bien-être, ainsi que les pratiques culturelles, tandis que les impacts sur les infrastructures physiques mettent en péril la sécurité, la sûreté et la résilience des communautés. L'Arctique et le Nord sont essentiels à la souveraineté du Canada et à son potentiel en ressources naturelles, et l'intérêt pour la région s'intensifie à mesure que la perte des glaces de mer rend la région plus accessible à la croissance économique, à l'extraction des ressources et au transport.

La création, la synthèse et la mobilisation des connaissances sur les changements climatiques dans l'Arctique et le Nord devraient être axées sur une collaboration significative et respectueuse, en travaillant avec les parties prenantes, les détenteurs de droits et les décideurs de l'Arctique et du Nord et en s'orientant vers un renforcement de l'action, de l'autodétermination et du leadership des peuples autochtones. Il existe des documents fondamentaux, tels que la *Stratégie nationale inuite sur les changements climatiques et la stratégie nationale inuite sur la recherche* [7], qui peuvent guider cette collaboration significative et respectueuse. Le cadre stratégique pour l'Arctique et le Nord du Canada fournit également une feuille de route élaborée conjointement pour réaliser des progrès sur une série de priorités, notamment la science, le savoir et la recherche qui sont significatifs pour les communautés.

Mener des recherches sur les changements climatiques dans la région peut s'avérer difficile et coûteux sur le plan logistique, et cela nécessite un inventaire important et varié des infrastructures. Il est nécessaire de travailler en partenariat pour maintenir, améliorer et renforcer les réseaux de surveillance dans les zones clés afin d'assurer une couverture régionale adéquate, en particulier dans les zones plus éloignées et sensibles, y compris celles qui présentent une valeur pour les populations autochtones ou un fort potentiel de développement des ressources. Cette infrastructure de surveillance physique doit être complétée par une capacité accrue de surveillance communautaire, ainsi que par une infrastructure numérique et des approches de gestion des données et des connaissances adaptées à la région et à ses communautés, afin de partager efficacement les données pertinentes entre les parties prenantes et les détenteurs de droits de l'Arctique et du Nord.

[6] Bien qu'il existe de nombreuses définitions de l'Arctique et du Nord, le présent document adopte celle utilisée dans le cadre de la politique canadienne pour l'Arctique et le Nord, qui « comprend la totalité de l'Inuit Nunangat, c'est-à-dire la région désignée des Inuvialuit dans les Territoires du Nord-Ouest, la région du Nunatsiavut au Labrador, le territoire de Nunavik au Québec et le Nunavut, la terre des Inuits au Canada ».

[7] www.itk.ca/national-strategy-on-research/

Il est essentiel de combler les lacunes des données et de développer une compréhension de base plus complète de l'environnement biophysique et de son évolution dans le temps. Le réseau de zones protégées de l'Arctique et du Nord canadien peut fournir d'excellents emplacements et un soutien logistique pour la surveillance de référence des changements de l'écosystème mondial. L'amélioration de la collecte de données à l'aide de méthodes cohérentes (par exemple, *in situ*, observation de la Terre depuis l'espace) et l'implication des détenteurs de savoirs autochtones sont essentielles pour mieux comprendre les zones prioritaires et les composantes des écosystèmes sensibles au climat qui ont une valeur culturelle, traditionnelle, de conservation et commerciale.

Les données de référence et de tendance contribueront à une meilleure compréhension de l'état des écosystèmes de l'Arctique et du Nord, de leur évolution et de leur capacité d'adaptation, qui sont toutes cruciales pour identifier les points de basculement et évaluer leurs impacts potentiels. Ces données, ainsi que l'intégration des ensembles de données existants et leur interprétation, sont essentielles pour contextualiser, comprendre et améliorer la prévision des impacts des changements climatiques dans toute l'étendue et la complexité de l'environnement arctique et nordique. Des ensembles de données améliorés peuvent soutenir la recherche visant à développer des solutions pour accroître la sécurité alimentaire, hydrique et énergétique dans la région, notamment par la fourniture d'énergie propre et renouvelable.

Capacité de base

Pour combler les lacunes et les priorités décrites ci-dessus, il faudra une base solide en ce qui concerne l'infrastructure de surveillance et numérique, ainsi qu'un engagement ferme à rendre toutes les étapes du processus de recherche sur les changements climatiques plus ouvertes et plus accessibles, tout en respectant la souveraineté des données et la propriété du savoir autochtone. Le renforcement de cette base sera essentiel pour soutenir la contribution du Canada à la science internationale des changements climatiques et en tirer parti. Une meilleure coordination entre les partenaires, les réseaux et les programmes sera essentielle, tout comme des efforts soutenus pour attirer et former le personnel hautement qualifié nécessaire pour entreprendre tous les aspects de la recherche sur les changements climatiques.

Suivi et observations

À mesure que le climat change, les systèmes intégrés de suivi et de surveillance continus seront des atouts essentiels pour fournir un état de la situation (par exemple, dans le contexte d'événements extrêmes), évaluer les changements, orienter les actions et mesurer les progrès. Ils aideront également à identifier les réponses imprévues aux changements climatiques (par exemple, des réponses socio-économiques désordonnées) et à l'action climatique (par exemple, la mise en œuvre à grande échelle de SFN).

Des efforts et des investissements supplémentaires sont nécessaires pour maintenir et combler stratégiquement les lacunes spatiales et temporelles des réseaux de surveillance dans tous les systèmes atmosphériques, terrestres, d'eau douce et marins, déployer des approches nouvelles et innovantes, intégrer les indicateurs

socio-économiques, adopter des protocoles de surveillance et de rapport normalisés et intégrer des ensembles de données provenant de sources et de disciplines multiples. La technologie satellitaire progresse rapidement et permet une amélioration de la surveillance, en particulier dans la région du Haut-Arctique.

Une collaboration accrue avec les communautés et les organisations autochtones dans le cadre des projets de surveillance permettra d'améliorer la qualité et la quantité des données recueillies, compte tenu notamment de la nature critique et unique du savoir détenu par les peuples autochtones concernant leur environnement local et les effets des changements climatiques. Les activités scientifiques communautaires peuvent également fournir des données de surveillance tout en renforçant l'éducation, la sensibilisation et l'engagement afin de donner aux individus les moyens d'agir sur les changements climatiques.

La surveillance canadienne reflète, en grande partie, les orientations internationales et les objectifs de qualité des données identifiés pour les variables climatiques essentielles. La surveillance future devrait s'appuyer sur les efforts, les partenariats, les programmes et les infrastructures existants et les renforcer (par exemple, les navires de recherche, les sites de surveillance multidisciplinaires, les réseaux de bouées, les systèmes d'observation par satellite) et s'inspirer d'une série de conceptions de surveillance et de contrôle, y compris la science communautaire. Les considérations essentielles pour maintenir et renforcer la surveillance et les observations sont les suivantes :

- Surveillance accrue (dans l'espace et dans le temps) pour saisir les conditions de référence et améliorer les prévisions quant aux tendances, aux impacts et aux extrêmes des variables climatiques, cryosphériques, marines, d'eau douce, terrestres et liées aux paysages, en particulier dans l'Arctique et le Nord.
- Observations adéquates et de qualité des précipitations extrêmes, des précipitations solides (neige, glace), l'humidité du sol, de l'évapotranspiration, des niveaux des eaux de surface et souterraines, et d'autres variables liées à la compréhension de la disponibilité de l'eau douce, des inondations et des sécheresses.
- Surveillance soutenue de la physique (par exemple, les vagues de chaleur marines), de la chimie et de la biologie des océans, avec un effort accru dans l'Arctique et le Nord et dans les zones littorales.
- Surveillance de la qualité, de la distribution et de la disponibilité de l'eau douce des rivières et des lacs, ainsi que de la qualité et de la quantité des eaux souterraines.
- Réseau national, holistique et à long terme, pour collecter des données cohérentes et interopérables dans toute une série de disciplines, d'échelles, d'écosystèmes et de gradients environnementaux en utilisant à la fois la science professionnelle et communautaire.
- Surveillance de la biodiversité et de l'intégrité des écosystèmes pour informer sur la conservation et l'évaluation des services écosystémiques, et pour améliorer la compréhension de l'impact et des éventuelles conséquences involontaires des SFN.
- Réseaux de mesure *in situ* et par télédétection pour quantifier les impacts des changements climatiques sur les systèmes terrestres et aquatiques et valider les stocks de carbone, les variations des stocks et les estimations des flux de GES.
- Vision nationale à long terme pour les systèmes d'observation de la Terre basés dans l'espace et l'accès aux ensembles de données internationaux et commerciaux pour alimenter un centre de données satellitaires.
- Systèmes de surveillance nouveaux, intégrés et multidisciplinaires pour les maladies émergentes zoonotiques et d'origine alimentaire ou hydrique et les organismes nuisibles aux plantes, en particulier dans les secteurs de la santé, de la foresterie, de l'aquaculture, de la pêche et de l'agriculture.

- Surveillance au niveau sectoriel et communautaire qui regroupe les activités de surveillance socio-économique, infrastructurelle, sanitaire et environnementale, y compris la surveillance de l'efficacité des mesures d'adaptation et des impacts et résultats différentiels pour diverses populations (par exemple urbaine/rurale, personnes âgées, femmes, enfants, peuples autochtones).
- Renforcer les capacités des réseaux de surveillance durable à diverses échelles, notamment en renforçant le leadership autochtone dans la surveillance tout en soutenant l'autodétermination autochtone dans la recherche.
- Adoption de nouvelles technologies, telles que la surveillance spatiale, les drones et les capteurs *in situ* de faible ou moyenne précision et à faible coût, qui peuvent être intégrées dans les réseaux internationaux et établis de longue date afin de maintenir et de compléter les enregistrements pluri décennaux.

ENCADRÉ 12. LE RÔLE DE L'OBSERVATION SPATIALE DE LA TERRE POUR LA CONNAISSANCE DU CLIMAT

La vaste étendue géographique du Canada rend difficile la collecte de renseignements nationaux sur l'environnement. Notre environnement dynamique exige une surveillance systématique, mais il n'est pas possible de le faire entièrement à partir du sol. Les satellites sont un outil d'observation efficace et performant et sont devenus la pierre angulaire de multiples services offerts aux Canadiens (par exemple, les prévisions météorologiques, la surveillance agricole, la cartographie des glaces, la surveillance de l'atmosphère et des océans, les interventions en cas de catastrophe). Les données satellitaires, combinées aux données recueillies au sol, aident les Canadiens à faire face aux conséquences des changements climatiques au quotidien, des outils de prévision des récoltes pour les producteurs agricoles aux applications web d'information sur la localisation des glaces pour les communautés du Nord.

Les observations spatiales de la Terre (OST) évoluent, l'accent étant mis sur les données ouvertes, la collaboration internationale et la vision à long terme pour relever les principaux défis climatiques, et les capacités du Canada en matière d'OST doivent suivre le rythme. Les progrès de la technologie d'OST peuvent fournir des moyens plus rapides, plus précis et plus rentables de relever les défis climatiques du Canada. Une vision soutenue et à long terme de l'acquisition et de la distribution des données provenant des satellites nationaux, internationaux et commerciaux est essentielle pour l'avenir des connaissances climatiques canadiennes.

Infrastructure numérique

L'ampleur et la diversité des données et des connaissances sur les changements climatiques exigent des progrès et des capacités sans précédent en matière de stockage et de gestion des données, de calcul haute performance, ainsi que de méthodes et d'algorithmes. Le partage, la réutilisation et l'intégration des données sont actuellement limités par le fait que les données sont gérées en fonction de la discipline et du producteur/dépositaire. Il est absolument nécessaire de mettre en place des systèmes de données et de calcul, des normes et des outils analytiques qui permettent l'intégration et l'accès commun aux données climatiques, océaniques, écologiques, environnementales, sociales, sanitaires et économiques. Cette infrastructure numérique est une partie intrinsèque des efforts de surveillance, d'analyse et de modélisation, et devrait comprendre des outils de gestion, d'extraction, de manipulation, de visualisation, de normalisation et d'interopérabilité des données. L'intelligence artificielle pourrait jouer un rôle important en aidant à identifier les tendances et les relations dans de grands ensembles de données complexes, en faisant des prévisions et en optimisant les solutions. À mesure que l'infrastructure numérique progresse, il faudra mieux comprendre les questions de compétence et environnementales (par exemple, la consommation d'énergie) liées au calcul haute performance dans le nuage, au stockage de données volumineuses et aux installations de calcul/données. L'accès à une connexion internet à haute vitesse abordable et fiable permettra également une plus large participation aux activités de recherche qui reposent sur cette infrastructure numérique.

Des efforts ciblés, complétés par un renforcement des capacités locales/régionales, sont nécessaires dans les domaines suivants :

- Centres de données dédiés pour faciliter l'accès aux données et leur intégration.
- Infrastructure, plateformes et outils numériques permettant aux peuples autochtones de gérer leur savoir et leurs données et de contribuer à la capacité de recherche autochtone, à la souveraineté des données et à l'autodétermination en matière de recherche.
- Participation accrue à l'élaboration de normes de données et à la gouvernance pour soutenir l'interopérabilité, faciliter le partage entre les domaines et les juridictions et permettre l'accès aux données internationales.
- Environnements de calcul haute performance pour mieux utiliser et augmenter les observations grâce à des observations synthétiques, des méthodes de ré-analyse, l'assimilation de données et la modélisation du système terrestre et numérique.
- Méthodologies et protocoles pour répondre aux préoccupations en matière de respect de la vie privée liées aux données socio-économiques, sanitaires et démographiques afin d'améliorer leur utilisation dans les mesures et les indices d'impact et d'évaluation des actions.
- Renforcement de la capacité à soumettre des données ouvertes provenant de sources canadiennes à des centres de données internationaux et vice versa.

Science ouverte

Il est essentiel de veiller à ce que la science des changements climatiques soit ouverte et accessible à chaque étape du processus de recherche pour faire avancer la base de données nécessaires à une action ambitieuse. Une science et des connaissances ouvertes sur les changements climatiques augmenteront la transparence, maximiseront les investissements, accéléreront les progrès et conduiront à des connaissances nouvelles et inattendues. Elle peut également mettre les décideurs en contact avec les informations dont ils ont besoin et, plus généralement, améliorer la culture scientifique. La feuille de route de la conseillère scientifique en chef du Canada pour la science ouverte fournit une série de recommandations et de principes généraux pour guider les activités de science ouverte au Canada, qui pourraient être utiles pour faire progresser l'ouverture de la science et du savoir sur les changements climatiques.

Les principes de la science ouverte peuvent être appliqués dès le début du processus de recherche. Faire preuve d'ouverture lors de l'identification des questions de recherche, par exemple par l'engagement communautaire, les propositions ouvertes et les défis de l'innovation, peut améliorer la collaboration et intégrer de multiples façons de savoir. Elle peut également amener les utilisateurs de connaissances et les communautés concernées par la recherche à participer au processus dès le début afin de s'assurer que la recherche s'aligne sur leurs besoins et d'accroître leur compréhension des solutions potentielles aux changements climatiques qui émergent de la recherche.

Lorsque les données sont ouvertes, il est plus facile d'y accéder, de les réutiliser et de les intégrer. Bien qu'il n'existe pas de solution unique pour ouvrir les données, rendre les données FAIR (trouvables, accessibles, interopérables et réutilisables) est une des meilleures pratiques établies. En veillant à ce que les données puissent être utilisées par des utilisateurs imprévus à des fins nouvelles, on accélérera la science des changements climatiques dans toutes les disciplines. Les données FAIR peuvent également être intégrées de manière transparente dans de grands flux de données ou utilisées comme données d'entrée pour l'intelligence artificielle. Cependant, malgré les avantages de l'ouverture des données, toutes les données ne devraient pas être ouvertes par défaut.

La science et les connaissances ouvertes sur les changements climatiques doivent respecter la souveraineté des peuples autochtones sur les données, les informations, les connaissances et les expressions culturelles traditionnelles de leurs communautés. Les communautés autochtones et les détenteurs du savoir sont propriétaires de leurs connaissances et de leurs informations, et leur consentement et leur validation doivent être obtenus pour leur collecte, leur utilisation, leur application ou leur interprétation en science ouverte, y compris par le biais d'accords formels. Ces accords pourraient être spécifiques aux données et devraient respecter les droits, l'autodétermination, l'autonomie gouvernementale et la souveraineté des peuples autochtones en matière de données et de connaissances (par exemple, les principes du PCAP®).

En règle générale, les chercheurs et les utilisateurs de données doivent clairement identifier les personnes dont les connaissances sont ouvertes, ainsi que les avantages et/ou les risques qu'elles présentent. Si les données sont gérées dans le respect de la vie privée et de la souveraineté des données, l'ouverture peut contribuer à la démocratisation des connaissances et à une restructuration des structures de pouvoir et des valeurs institutionnalisées.

Des efforts continus sont nécessaires pour sortir les publications relatives aux changements climatiques de derrière les péages, car cela fait partie intégrante de la démarche visant à rendre la science et le savoir sur les changements climatiques plus accessibles et utilisables par les chercheurs et les praticiens. Cela peut se faire en publiant dans des revues en libre accès, en archivant une copie dans un dépôt après l'expiration des périodes d'embargo ou en publiant une pré-impression sur des systèmes d'archives publiques pour rendre les résultats disponibles plus rapidement. En outre, les résultats de la recherche doivent être communiqués aux décideurs et aux communautés concernées de manière claire et accessible.

Aller de l'avant

La science et le savoir sont essentiels pour guider l'élaboration et la mise en œuvre de la politique climatique et des actions visant à limiter le réchauffement et les risques futurs. En fournissant une base commune et transparente pour une action fondée sur des preuves, la science et le savoir peuvent contribuer à dépolariser le discours public sur l'action climatique. Afin d'accélérer les changements transformationnels nécessaires à la construction d'un Canada résilient et neutre en carbone, tant la recherche que l'action en matière de changements climatiques doivent évoluer rapidement vers des approches plus holistiques qui intègrent l'atténuation, l'adaptation et le développement durable.

Chaque communauté, discipline et secteur a sa propre expertise et perspective à apporter à la table pour une collaboration à la résolution du défi des changements climatiques. Le SC2050 présente un large éventail de travaux et reconnaît qu'une grande partie de ceux-ci doit se dérouler en parallèle. L'urgence du défi signifie que les décideurs ne doivent pas et ne peuvent pas attendre que toutes les données scientifiques soient disponibles avant d'agir. En tant que tels, les efforts de synthèse des connaissances doivent également se faire pendant que la recherche continue à se dérouler, afin que les décideurs puissent intégrer les derniers résultats et les dernières connaissances dans leurs efforts en cours.

Alors que les efforts scientifiques en matière de changements climatiques se sont traditionnellement concentrés sur les sciences naturelles et les sciences de la santé, il existe un besoin urgent de soutenir et d'intégrer les sciences sociales, car celles-ci seront essentielles pour motiver les comportements humains qui sont en fin de compte au cœur de la prise de mesures rapides et ambitieuses en matière de changements climatiques.

Compte tenu des vastes répercussions des changements climatiques sur l'ensemble des régions, des secteurs et des communautés, les décideurs doivent combler simultanément de multiples lacunes dans les connaissances. Cela est particulièrement évident lorsqu'il s'agit de domaines de travail hautement interdisciplinaires, consistant par exemple à :

- comprendre et prévoir des impacts nationaux, régionaux et locaux des extrêmes climatiques et des événements extrêmes dans les secteurs économiques et les communautés, ce qui permettra d'éclairer les réponses de réduction des risques de catastrophes, l'évaluation économique et non économique des impacts climatiques, la sécurité énergétique, les infrastructures résistantes et la réduction des risques sanitaires et socio-économiques au niveau des communautés;
- améliorer la compréhension, la surveillance et la prévision des effets des changements climatiques sur la santé des Canadiens et des systèmes de santé, notamment en maximisant les avantages connexes pour la santé des mesures climatiques dans d'autres secteurs, ainsi qu'en intégrant les informations environnementales, humaines, animales et socio-économiques;
- développer et comprendre les implications socio-économiques et climatiques des voies canadiennes vers le « zéro net », car ce travail nécessite une compréhension intégrée du comportement climatique, des puits de carbone (y compris les rétroactions), des SFN, des voies d'énergie alternative, des transitions économiques pour les secteurs à forte intensité d'émissions et des implications au niveau communautaire;
- améliorer l'évaluation économique des coûts, des avantages, des coûts évités et des externalités associés à l'action climatique et aux services écologiques, ce qui comprend l'élaboration de méthodologies et l'application de diverses voies d'émissions mondiales ou de scénarios climatiques, ainsi que des options pour les voies canadiennes qui intègrent l'ensemble des sciences et des connaissances;
- permettre et accélérer une transition juste, reconnaître et explorer les défis de la mise en œuvre et développer des communications efficaces sur les changements climatiques qui donnent des moyens d'action et permettent des possibilités d'engagement constructif;
- appliquer notre compréhension des changements climatiques pour faire progresser le développement durable, car l'intersection des objectifs de recherche sur les changements climatiques et le développement durable a le potentiel d'identifier de multiples bénéfices et de faire progresser la mise en œuvre de chacun.

L'infrastructure scientifique est un outil essentiel pour faire progresser la science et le savoir sur les changements climatiques. Il existe déjà une base solide d'infrastructures sur laquelle il est possible de s'appuyer. À l'avenir, il sera nécessaire non seulement de maintenir cette capacité, mais aussi de la renforcer et de la diversifier de manière à répondre pleinement aux complexités de l'urgence climatique et à étendre les efforts à des domaines dans lesquels peu de travail a été accompli jusqu'à présent. L'inclusion respectueuse et significative des informations provenant de tous les systèmes de savoir, et un engagement en faveur d'approches collaboratives, seront cruciaux.

SC2050 représente une opportunité de prendre des décisions délibérées sur le financement de la science et du savoir sur les changements climatiques et des activités où la recherche canadienne sur les changements climatiques peut faire la différence et peut produire des connaissances spécifiques au contexte canadien. Alors que les Canadiens continuent à se mobiliser pour construire une société résiliente et neutre en carbone, la science et le savoir seront essentiels pour guider la voie.

Annexe 1 – L'état de la science du climat

Le réchauffement du climat de la Terre, et du climat du Canada, est sans équivoque et est principalement dû aux émissions mondiales de dioxyde de carbone provenant de l'activité humaine. Un certain réchauffement supplémentaire est inévitable; par conséquent, l'adaptation est impérative pour renforcer la résilience climatique des communautés et des écosystèmes au Canada. Les efforts déployés à l'échelle mondiale pour atténuer les émissions détermineront l'ampleur du réchauffement futur dans le monde et au Canada.

Selon les estimations, les activités humaines ont causé un réchauffement planétaire d'environ 1,0°C au-dessus des niveaux préindustriels. Les Parties à l'Accord de Paris se sont engagées à contenir l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2°C par rapport aux niveaux préindustriels, reconnaissant ainsi que cela réduirait considérablement les risques et les répercussions des changements climatiques dans toutes les régions. Le réchauffement passé et futur du climat du Canada est environ le double de l'ampleur du réchauffement mondial. Le nord du Canada s'est réchauffé et continuera de se réchauffer à un rythme deux fois plus rapide que la moyenne mondiale.

Pour stabiliser la température mondiale à un niveau donné, les émissions mondiales de carbone attribuables aux activités humaines doivent atteindre la valeur nette de zéro (c'est à dire que les émissions restantes doivent être compensées par des retraits de carbone de l'atmosphère). En d'autres termes, pour stabiliser la température à n'importe quel niveau, il y a une quantité totale de dioxyde de carbone (CO_2) qui peut être émise; c'est ce qu'on appelle un bilan des émissions de carbone. Pour stabiliser la hausse de la température mondiale à un niveau nettement inférieur à 2°C par rapport aux niveaux préindustriels, les émissions mondiales de carbone doivent atteindre le « zéro net » au début de la seconde moitié du siècle. Si les émissions mondiales dépassent le budget des émissions de carbone visant à limiter le réchauffement planétaire nettement en dessous de 2°C, alors des émissions de carbone mondiales nettes négatives seront requises plus tard dans la seconde moitié du siècle. Des réductions importantes des émissions autres que le CO_2 affectant le climat sont également nécessaires. L'ampleur des mesures d'atténuation nécessaires pour atteindre l'objectif de l'Accord de Paris en matière de température mondiale est considérée comme extrêmement élevée, et des transitions majeures dans tous les aspects de la société sont requises.

Pour atteindre l'objectif de température mondiale de l'Accord de Paris, le Canada et tous les pays doivent passer à la neutralité en carbone d'ici quelques décennies. L'Inventaire national des gaz à effet de serre du Canada est préparé et présenté chaque année à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Aux termes de l'Accord de Paris, le Canada s'est engagé à réduire d'ici 2030 ses émissions de GES de 30% comparativement aux niveaux de 2005. Les engagements du Canada et des autres parties ont été évalués collectivement comme étant largement compatibles avec les voies rentables qui entraînent un réchauffement d'environ 3°C d'ici 2100. La science est nécessaire pour améliorer la compréhension des sources d'émissions canadiennes dans tous les secteurs, y compris le secteur terrestre, et de la possibilité d'une absorption accrue du carbone atmosphérique par les puits (principalement sur terre).

Entre 1948 et 2018, le Canada s'est réchauffé de 1,8°C, tandis que le nord du pays s'est réchauffé de 2,4°C. Les effets du réchauffement généralisé sont évidents dans de nombreuses régions du Canada et devraient s'intensifier à l'avenir avec un réchauffement supplémentaire. Ces effets comprennent une hausse de la chaleur extrême, une diminution du froid extrême, des saisons de croissance plus longues, des saisons de neige et de glace plus courtes, un débit de pointe printanier plus précoce, des glaciers plus fins, la fonte du pergélisol, des océans plus chauds et plus acides et l'élévation du niveau de la mer. L'augmentation prévue des périodes de chaleur extrême augmentera la gravité des vagues de chaleur et contribuera à l'augmentation des risques de

sécheresse et de feux de forêt. Des pluies plus intenses auront pour effet d'augmenter les risques d'inondation en milieu urbain. On s'attend à ce que les inondations côtières augmentent dans de nombreuses régions du Canada en raison de l'élévation locale du niveau de la mer. L'acidification des océans devrait s'intensifier, en particulier dans les régions arctiques, en raison de l'augmentation de l'absorption de CO_2. Les changements climatiques affectent de plus en plus l'environnement naturel du Canada, les secteurs économiques et la santé des Canadiens, et les changements climatiques exacerbent de plus en plus l'impact d'autres facteurs de stress sur les écosystèmes naturels du Canada et sur le bien-être des Canadiens.

Bien que les efforts d'atténuation à l'échelle mondiale détermineront l'ampleur du réchauffement futur, un certain réchauffement supplémentaire et les effets qui en découlent sont inévitables. Les Canadiens doivent comprendre comment les changements climatiques les affectent déjà et quels sont les autres impacts prévus, afin de planifier et de se préparer aux défis que les changements climatiques apportent, et de renforcer leur engagement et leur soutien en faveur d'une atténuation ambitieuse. L'adaptation est une réponse nécessaire aux changements climatiques, en plus de l'atténuation; elle améliore la résilience économique et sociale des Canadiens face aux répercussions des changements climatiques. Les collectivités nordiques et côtières et les peuples autochtones sont parmi les plus exposés aux changements climatiques au Canada. Le savoir et les sciences autochtones, y compris les sciences sociales, peuvent fournir une perspective plus globale sur l'action contre les changements climatiques.

Le gouvernement du Canada a la capacité et le mandat d'entreprendre des travaux scientifiques pour éclairer des mesures efficaces de lutte contre les changements climatiques. L'obligation d'effectuer ce travail fait partie des engagements pris en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*, de la Stratégie fédérale de développement durable et de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Les provinces, les territoires et les gouvernements autochtones disposent également d'une grande capacité à entreprendre des travaux scientifiques et à mettre en place des systèmes de savoir au sein de leurs juridictions et en coopération avec d'autres. Les activités scientifiques ayant trait aux changements climatiques créent et diffusent de nouvelles connaissances et données afin d'améliorer notre compréhension du comportement des systèmes climatiques, de l'influence humaine sur le climat, des changements climatiques futurs à l'échelle mondiale et au Canada, et des répercussions connexes sur les systèmes naturels et humains. Les activités scientifiques liées aux changements climatiques sont menées conjointement dans le cadre de programmes gouvernementaux de base (surtout fédéraux), des établissements universitaires et des réseaux de recherche en collaboration. Ces activités font intervenir des partenaires fédéraux, provinciaux, municipaux, universitaires et du secteur privé.

Le gouvernement fédéral fournit la plupart des infrastructures scientifiques essentielles pour la recherche et la modélisation du système climatique, ainsi que des programmes d'observation systématique à long terme pour surveiller l'état du système climatique et les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre. Ces travaux sont exécutés principalement par des activités de recherche et d'observation réalisées par le milieu universitaire canadien, qui se concentre sur des études scientifiques. Des partenariats productifs ont été formés entre ces deux milieux, qui continuent d'apporter une contribution vaste et essentielle aux programmes internationaux et canadiens. Les programmes fédéraux jouent alors un rôle majeur dans la fourniture de résultats scientifiques (synthèse et application des connaissances) et de services destinés à éclairer la prise de décisions sur l'atténuation des changements climatiques et l'adaptation à celui-ci, tant au niveau national qu'international.

La recherche canadienne sur le système climatique et les changements climatiques fait appel à de nombreuses disciplines scientifiques relevant d'un large éventail d'institutions gouvernementales et d'établissements d'enseignement. Une grande partie de la recherche fondamentale sur le climat au Canada est coordonnée avec les efforts de recherche internationaux dans le cadre du Programme mondial de recherche sur le climat et d'autres forums internationaux. Une coordination internationale aussi forte présente le double avantage de soutenir la politique climatique internationale et les obligations de recherche au titre de la CCNUCC, permettant ainsi au Canada de jouer un rôle crédible et constructif dans les négociations nationales et internationales sur le climat, tout en tirant parti de la recherche, des observations et de la modélisation du système climatique mondial à l'échelle internationale pour garantir que les projections climatiques pour le Canada sont fondées sur les meilleures données scientifiques disponibles.

Annexe 2 – Synthèse des connaissances et possibilités de mobilisation

THÈMES	SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ET POSSIBILITÉS DE MOBILISATION
Communautés et structures sociales	Synthèse des connaissances existantes sur les impacts sociaux, culturels, économiques et de santé mentale des changements climatiques sur les communautés afin de mieux identifier les besoins spécifiques des communautés, en particulier dans l'Arctique.
	Évaluation des synergies entre les actions d'atténuation, d'adaptation et de développement durable, y compris les stratégies adoptées dans différents secteurs (notamment la foresterie, la pêche, l'aquaculture et l'agriculture, ainsi que dans les zones protégées, en ce qui concerne la séquestration de carbone).
Économie	Analyses des biens et services marchands et non marchands pour divers scénarios d'émissions, y compris les impacts de second ordre, comme le soutien de la propriété intellectuelle canadienne et les impacts sur le système financier (par exemple, paiements d'assurance élevés, actifs échoués, désinvestissement).
	Analyses des approches d'atténuation, y compris les voies de décarbonisation alignées sur les objectifs nationaux et internationaux, pour aider à évaluer le niveau et la répartition des efforts nationaux et internationaux.
	Analyses des coûts et avantages, y compris les coûts et avantages directs et indirects pour la santé et la société, associés aux effets des changements climatiques et aux mesures d'adaptation pour la transition vers une économie à l'épreuve du climat, y compris les modèles macroéconomiques.
	Analyses des impacts des changements non marginaux à grande échelle associés aux changements climatiques (par exemple, les perspectives nationales et internationales sur les questions qui pourraient éclairer l'examen des pertes et des dommages causés par les changements climatiques).
Écosystèmes	Évaluation des impacts des changements climatiques sur la biodiversité et les services écosystémiques pour les écosystèmes terrestres et aquatiques du Canada.
	Synthèse des tendances des indicateurs de terres agricoles et écosystémiques pour rendre compte de l'état et des tendances des indicateurs de terres dans toute la gamme des écozones de la masse continentale canadienne.
	Évaluation des options d'atténuation basées sur les systèmes terrestres et aquatiques, y compris les risques et les rétroactions socio-économiques en tenant compte des impacts nets des GES et des autres agents de forçage climatique sur les écosystèmes et l'utilisation humaine de ces écosystèmes (par exemple, produits du bois, macroalgues, aliments, énergie), avec des considérations internationales liées à l'exportation de matières premières bioénergétiques et à l'impact possible des investissements étrangers dans les terres ou les activités d'atténuation au Canada.

THÈMES	SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ET POSSIBILITÉS DE MOBILISATION
Écosystèmes (suite)	Évaluation des synergies entre les options d'atténuation et d'adaptation dans les secteurs de la foresterie, de la pêche, de l'aquaculture et de l'agriculture, ainsi que dans les parcs et les zones protégées, afin d'identifier les options qui maximisent les co-bénéfices et les synergies et minimisent les compromis pour les mesures d'adaptation et d'atténuation.
	Évaluation intégrée de la qualité, de la quantité et de la disponibilité de l'eau douce, y compris les implications sectorielles et municipales, en tirant parti des publications, des bases de données publiques et des compilations récentes de données historiques sur la qualité des sources et de l'eau potable et sur la cryosphère afin d'évaluer la sécurité de l'eau douce.
Énergie	Synthèse de l'échelle et du potentiel actuel et futur de la production d'électricité sans émissions, des technologies émergentes (par exemple, les petits réacteurs modulaires) et des systèmes d'énergie de remplacement nécessaires pour atteindre les objectifs de zéro émission nette (ou de faible émission de carbone) dans le cadre des plans d'action municipaux, provinciaux et nationaux sur le climat.
	Synthèse des connaissances existantes sur les impacts sociaux, économiques, écologiques et sanitaires des actifs énergétiques actuels et futurs afin de mieux identifier les besoins spécifiques des communautés et des secteurs.
	Évaluations intégrées des risques liés aux infrastructures énergétiques aux niveaux national, provincial, régional, communautaire ou des actifs, qui examinent les vulnérabilités, les interdépendances des systèmes, les impacts en cascade et les implications sociales et économiques associées.
Événements extrêmes	Synthèses nationales des risques liés à l'évolution des extrêmes (par exemple, températures extrêmes, précipitations, vents, inondations, incendies, élévation du niveau de la mer, ondes et vagues de tempête, et combinaisons de ces phénomènes) et des impacts sur la santé humaine, les écosystèmes, la foresterie, la pêche, l'aquaculture et l'agriculture.
	Évaluation scientifique pour intégrer la compréhension des tendances et des extrêmes climatiques dans le contexte des catastrophes naturelles afin d'éclairer les efforts de réduction des risques de catastrophes, les mécanismes de réduction des effets sur la santé publique, la résilience des systèmes de santé et les programmes de secours, y compris l'aide financière, ainsi que la planification et la mise en œuvre de la reconstruction.
Santé et bien-être	Synthèse et mobilisation des connaissances sur les effets directs et indirects des changements climatiques sur la santé physique et mentale des Canadiens et sur les systèmes de santé, y compris en relation avec les mesures prises dans d'autres secteurs pour atténuer les changements climatiques ou s'y adapter.

THÈMES	SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ET POSSIBILITÉS DE MOBILISATION
Santé et bien-être (suite)	Intégration et analyse des données environnementales, sanitaires et sociales, ainsi que des données sur la santé humaine et animale, afin de mieux comprendre les effets actuels et émergents des changements climatiques sur la santé humaine, et de surveiller, y compris en temps réel (par exemple, la surveillance syndromique, les nouveaux diagnostics de laboratoire) et de prévoir les effets sur la santé et les résultats (par exemple, l'observation de la Terre, l'évaluation des risques).
	Évaluation intégrée des impacts sur la qualité de l'air selon de multiples voies climatiques ou d'émission.
Infrastructure	Évaluations intégrées des risques liés aux infrastructures aux niveaux national, provincial, régional, communautaire ou des actifs, qui examinent les vulnérabilités, les interdépendances des systèmes, les impacts en cascade et les implications écologiques, sociales, économiques et culturelles associées.
	Outils pour comprendre la valeur de la résilience climatique et intégrer les considérations climatiques dans les infrastructures et la prise de décision communautaire.
	Efforts visant à favoriser la compréhension et la mise en œuvre de codes, normes, lignes directrices et meilleures pratiques de construction tenant compte du climat dans les projets de construction et de rénovation, avec l'aide d'outils et de lignes directrices de gestion des actifs d'infrastructure régionaux, y compris l'évolutivité et la mise en œuvre des infrastructures naturelles.
	Renforcement de la capacité à utiliser les connaissances, les données et les outils relatifs au climat dans la prise de décision concernant les infrastructures, y compris les stratégies d'adaptation au niveau communautaire et systémique, les évaluations des risques et les plans de gestion des actifs. Par exemple, la mobilisation des connaissances et de l'expertise et le développement de compétences professionnelles techniques liées aux infrastructures du Nord, notamment en ce qui concerne les conditions côtières et du sol (y compris le pergélisol) pour la planification des grandes infrastructures et du développement des ressources et pour l'élaboration de stratégies d'adaptation dans l'Arctique et le Nord.
	Mobilisation des connaissances existantes sur les synergies entre les mesures d'atténuation et d'adaptation dans l'environnement bâti (par exemple, le choix de matériaux d'isolation qui contribuent également à la résilience thermique, à la résistance au feu, à la survie passive lors de pannes de courant prolongées), ce qui permettra de hiérarchiser les investissements.

THÈMES	SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ET POSSIBILITÉS DE MOBILISATION
Arctique et Nord	Synthèse des connaissances et des données de base et futures sur le climat et l'environnement caractérise l'état et la variation des environnements biophysiques et renforce la capacité des communautés et des populations autochtones de l'Arctique et du Nord à acquérir et à appliquer les données et les recherches disponibles, en particulier : (1) l'état actuel de l'échantillonnage pour identifier et combler les lacunes des principaux ensembles de données, et (2) l'intégration et l'analyse des informations sur les écosystèmes naturels pour faciliter une meilleure compréhension des liens complexes et des effets cumulatifs.
	Synthèse des connaissances existantes sur les impacts sociaux, culturels, économiques et de santé mentale des changements climatiques dans les communautés afin de mieux identifier leurs besoins spécifiques.

Annexe 3 – Besoins en matière de sciences et de savoir

THÈMES	BESOINS EN MATIÈRE DE SCIENCE ET DE SAVOIR
Accélérer le changement transformationnel	Comprendre ce qui affecte le plus les jeunes et les autres populations, comment faire face au deuil et comment développer des comportements qui mènent à la résilience et à une plus grande alphabétisation en matière de durabilité environnementale.
	Comprendre comment les systèmes socio-économiques et technologiques peuvent évoluer grâce à la prospective et à la prévision des perturbateurs afin d'identifier les changements individuels et structurels qui se renforcent positivement (par exemple, aligner l'intérêt personnel sur le bien public).
	Développer des mesures alternatives pour évaluer les progrès sur la base du potentiel catalytique et transformateur, de sorte que les rapports deviennent un agent de changement et donnent aux individus les moyens d'adopter une politique environnementale et/ou des actions de développement durable.
	Comprendre et développer des stratégies de communication et des messages qui motivent et renforcent les changements de comportement (plutôt que les changements d'attitudes) qui brisent les barrières à l'adoption (par exemple, SHIFT : normes sociales, habitude, soi individuel, sentiments et cognition, et tangibilité) et utilise une architecture de choix.
	Développer et déployer des technologies émergentes qui permettent d'évaluer les menaces qui pèsent sur la productivité du secteur des ressources naturelles, les maladies à transmission vectorielle, les nouveaux systèmes de production agricole/aquaculture et les solutions fondées sur la nature, et d'y répondre, afin d'atteindre des objectifs multiples (par exemple, la conservation des zones protégées, le stockage du carbone, les couloirs de migration).
	Quantifier les co-bénéfices associés à la politique climatique et développer des moyens de mesurer les progrès.
	Comprendre les synergies et les possibilités d'adaptation et d'atténuation intégrées pour obtenir de meilleurs résultats en matière de climat.
Systèmes aquatiques	Améliorer la compréhension fondamentale des processus et des impacts du réchauffement, de la désoxygénation, de l'hypoxie et de l'acidification dans les environnements marins et d'eau douce. Étendre la surveillance des variables clés (par exemple, la température, l'alcalinité, la salinité, le pH, le CO_2, les niveaux d'eau, le débit des cours d'eau, l'oxygène) à la fois dans l'espace et dans le temps. Les principaux écosystèmes préoccupants sont les zones arctiques et littorales, pour lesquelles on dispose de peu de données.

THÈMES	BESOINS EN MATIÈRE DE SCIENCE ET DE SAVOIR
Systèmes aquatiques (suite)	Identifier les vulnérabilités, les risques et les impacts liés au lieu sur les écosystèmes et les ressources, notamment sur les espèces préoccupantes, la gestion des océans et des pêches, l'aquaculture et les infrastructures.
	Examiner les impacts des variables clés sur la croissance, la survie, le comportement, la productivité et la physiologie d'une variété d'espèces et de variables socio-économiques, ainsi que leurs interactions, pour comprendre les impacts sur les ressources aquatiques et les communautés côtières.
	Améliorer la compréhension des composantes du cycle du carbone dans les systèmes aquatiques, y compris les relations entre l'apport de carbone terrestre, la minéralisation et la mobilisation des sédiments. Améliorer la compréhension du captage et du stockage du carbone et la capacité à quantifier le potentiel de puits de carbone dans les zones côtières (c'est-à-dire le carbone bleu). Identifier les impacts des modifications des zones humides, des macroalgues/vallisnérie et du pergélisol sur les réservoirs de carbone et les transferts de carbone entre les systèmes aquatiques, terrestres, cryosphériques et atmosphériques afin de quantifier les cycles et les bilans du carbone.
	Améliorer les modèles de circulation océanique physique et biogéochimique à l'échelle des bassins afin de renforcer la capacité de réduction d'échelle en matière de climat et d'améliorer les projections climatiques régionales et les prévisions saisonnières à décennales des variables des écosystèmes aquatiques. Améliorer les projections sur la qualité, la quantité et la disponibilité de l'eau douce et étudier leurs impacts sur le bien-être et les activités des humains.
	Examiner la réponse des rivières, des lacs, des zones humides, des marais et des zones côtières aux changements de température, de salinité, de taux d'oxygène, d'acidification et aux effets de la saisonnalité afin d'éclairer les rétroactions climatiques.
	Étudier les impacts des changements climatiques sur la libération des nutriments, la distribution et le transport des contaminants et la toxicité des métaux dans les systèmes aquatiques, en relation avec le réchauffement du climat, la modification du régime des précipitations et les changements océaniques.
	Développer des outils d'adaptation fondés sur la science pour les problèmes actuels de gestion des impacts des changements climatiques.
	Comprendre comment l'atténuation des changements climatiques et l'adaptation à celui-ci auront, chacune et collectivement, un impact sur divers groupes de personnes au sein des communautés, dans quelle mesure ces groupes ont été engagés dans l'élaboration d'actions en faveur du climat, et l'impact de ces interventions sur les facteurs de vulnérabilité.

THÈMES	BESOINS EN MATIÈRE DE SCIENCE ET DE SAVOIR
Communautés et structures sociales	Élaborer des perspectives locales sur les risques et la vulnérabilité dans les communautés côtières, forestières, rurales, isolées, urbaines, autochtones, arctiques et nordiques afin de tirer parti de l'action de ces communautés pour atténuer les changements climatiques et s'y adapter.
	Améliorer la compréhension de la mesure dans laquelle les municipalités sont autonomes par rapport aux autres niveaux de gouvernement, et les implications pour la politique et l'action en matière de climat. Cela devrait s'étendre à la compréhension de la manière dont les efforts locaux peuvent alimenter les efforts régionaux, et aux méthodes de coordination efficace. Améliorer la compréhension de la manière dont les gouvernements locaux peuvent être habilités à accroître la flexibilité de leurs outils de gouvernance.
	Développer une meilleure compréhension de la manière dont les conditions et les mécanismes d'inclusion, de transparence et de collaboration contribuent à la construction d'une légitimité politique pour minimiser les effets perturbateurs (positifs et négatifs) du changement transformateur, en particulier pour les communautés marginalisées et les membres des communautés. Il s'agit d'aller au-delà d'une focalisation sur les individus et de normaliser la durabilité au sens large.
	Développer des "laboratoires vivants" ou des approches pour « apprendre par la pratique » en partenariat avec les villes et les communautés afin de comprendre les succès et les opportunités liés aux communications sur les changements climatiques, à la mobilisation citoyenne et politique, aux services climatiques, aux innovations technologiques et aux modèles de financement et de gouvernance.
	Comprendre comment mesurer les progrès vers la décarbonisation et développer des indicateurs pour mesurer les changements transformateurs.
	Comprendre les implications du secteur, du genre et de la santé et sécurité au travail dans le contexte de la main-d'œuvre en réponse aux changements climatiques et à la transformation économique et sectorielle (par exemple, énergie, transport, services de soins de longue durée).
	Comprendre le potentiel des changements climatiques à agir comme un multiplicateur de risques dans le contexte de la sécurité internationale et mondiale, comme le commerce intérieur et international, les traités, les frontières et les accords, les infrastructures d'immigration et de réinstallation, la souveraineté et la sécurité nationale et les résultats socio-économiques, y compris la santé physique et mentale des communautés.
	Développer des méthodologies et des approches pour la communication scientifique sur les changements climatiques et le développement de capacités et de compétences professionnelles en matière de science, de savoir et d'action sur les changements climatiques dans les entreprises des secteurs public et privé.

THÈMES	BESOINS EN MATIÈRE DE SCIENCE ET DE SAVOIR
Science du climat du système terrestre	Améliorer la compréhension et la représentation des rétroactions climat-écosystème dans les modèles des composantes physiques du climat (atmosphère-océan-terre-cryosphère) et des écosystèmes (terrestres, d'eau douce intérieure, marins). Dans ce cadre, l'accent est mis sur le paysage, l'hydrologie et les processus du cycle du carbone, y compris la réaction du pergélisol et des glaciers, afin d'améliorer la compréhension des rétroactions et de la disponibilité de l'eau douce.
	Améliorer la compréhension du comportement des composants aquatiques et de leurs interactions avec l'atmosphère, la cryosphère, les systèmes terrestres et aquifères et les fonds marins, et améliorer leur représentation et leur intégration dans les modèles.
	Explorer la réponse climatique à l'atténuation des agents de forçage climatique de courte durée (méthane, carbone noir, ozone, sulfates, substances appauvrissant la couche d'ozone) et l'ingénierie climatique (absorption du dioxyde de carbone et gestion des radiations solaires).
	Développer et évaluer des prévisions climatiques plus fines à l'échelle saisonnière, interannuelle et décennale, y compris des techniques d'initialisation et l'utilisation des observations.
	Développer davantage les techniques de réduction d'échelle des projections climatiques, y compris une meilleure utilisation des données d'observation.
Économie	Explorer les effets distributifs et différentiels des changements climatiques sur l'économie et la société (par exemple, l'emploi, le coût de la vie, les investissements dans les infrastructures urbaines, les industries à forte intensité d'émissions exposées au commerce) et les moyens de minimiser ces effets, notamment en élaborant des méthodologies pour tenir compte des vulnérabilités, de la responsabilité, de la capacité d'adaptation et des niveaux de revenus.
	Améliorer la conception, la sélection et la mise en œuvre des instruments de la politique climatique, y compris l'analyse des voies de décarbonisation, la conception d'instruments de tarification du carbone, les moyens de favoriser les technologies non émettrices, les incitations à la production d'énergie sans carbone et les estimations des paiements des services écosystémiques pour préserver les avantages non commerciaux.
	Explorer les coûts et les avantages de l'action climatique, notamment les analyses des modèles d'évaluation intégrée et l'estimation du coût social du carbone; la monétisation de la perturbation des services publics, des services sociaux et des services de santé; les coûts de l'inaction; les coûts évités; l'évaluation économique des mesures de résilience/adaptation; la compétitivité et l'atténuation; les coûts d'adaptation dans des scénarios de retard des efforts d'atténuation au niveau mondial ou de changements brusques non linéaires; et les possibilités d'innovation technologique (par exemple, les petits réacteurs modulaires).

THÈMES	BESOINS EN MATIÈRE DE SCIENCE ET DE SAVOIR
Économie (suite)	Comprendre les implications financières des incitations et des modèles de financement ciblant les municipalités et les communautés éloignées, la gestion des actifs d'infrastructure, le secteur de la santé, ainsi que la planification et la conception urbaines dans les grandes catégories de risques physiques (par exemple, les événements extrêmes) et de risques de transition (par exemple, la divulgation financière des risques liés au climat). Ce travail permettrait de saisir les opportunités économiques potentielles (actuellement mal définies), notamment la dynamique des technologies propres, le financement durable et le financement du climat.
	Réaliser une analyse coûts-avantages globale des technologies non émettrices actuelles et nouvelles en tenant compte de l'ensemble des exigences et des facteurs technico-économiques, environnementaux et énergétiques (par exemple, les émissions de GES sur le cycle de vie, les incidences sur les écosystèmes, l'utilisation des terres, la fiabilité, la flexibilité, l'extensibilité, les applications de cogénération, la propriété intellectuelle canadienne et le potentiel commercial mondial). Ces travaux permettraient de créer une méthodologie pour évaluer et sélectionner les technologies les mieux adaptées à la décarbonisation de l'économie canadienne aux niveaux national, provincial et régional.
	Poursuivre les recherches sur l'économie comportementale en ce qui concerne la compréhension et le soutien de la politique climatique.
	Explorer les implications économiques et les options politiques pour permettre une transition juste pour les travailleurs, les secteurs et les communautés touchés par la transition vers une économie à faible émission de carbone et résiliente.
	Identifier comment les changements climatiques influenceront les moteurs socio-économiques, tels que la croissance démographique, la mondialisation, l'urbanisation, la gouvernance et les structures sociales.
	Comprendre comment favoriser l'adoption des mesures d'adaptation financées par les pouvoirs publics et supprimer les obstacles à l'adaptation.
Écosystèmes	Comprendre l'impact des changements climatiques sur les processus biophysiques fondamentaux pour des écosystèmes sains (par exemple, le cycle des nutriments et du carbone, le pergélisol, la dynamique de la végétation, la recharge des aquifères et le stockage de l'eau, les perturbations naturelles telles que les organismes nuisibles et les incendies) et l'impact qui en résulte sur la fonction et la productivité des écosystèmes.
	Faire progresser la compréhension des interactions entre les communautés écologiques et les espèces (par exemple, les ravageurs, les espèces envahissantes, la migration, l'expansion de l'aire de répartition) et de la manière dont ces relations répondront aux facteurs de stress climatiques et non climatiques (y compris le comportement des contaminants et la réémission/répartition dans l'eau, les sédiments, l'air), ainsi que divers scénarios climatiques, ce qui permettra de mieux comprendre les effets cumulatifs sur les écosystèmes.

THÈMES	BESOINS EN MATIÈRE DE SCIENCE ET DE SAVOIR
Écosystèmes (suite)	Développer des modèles de processus et intégrer la capacité d'adaptation des espèces dans les modèles de prévision afin de comprendre comment les écosystèmes réagiront selon divers scénarios climatiques, prévoir les écosystèmes émergents et nouveaux, et comprendre et prévoir comment les changements affecteront la faune. Il s'agit notamment de développer des approches alternatives de niche statistique ou écologique et des analyses génomiques.
	Développer des mesures et des indices pour permettre l'adaptation des espèces et des écosystèmes et faire progresser les approches de gestion pour conserver les habitats et la biodiversité. Ces mesures devraient intégrer autant de questions que possible afin de fournir des mesures simples (et idéalement uniques) à des préoccupations multiples (par exemple, la conservation de la biodiversité, la séquestration de carbone, les espèces en péril, la productivité).
	Étudier les SFN pour l'atténuation et l'adaptation afin de comprendre leurs implications pour la séquestration de carbone, la biodiversité, les feux de forêt, les organismes nuisibles, les espèces envahissantes, l'eau douce, la nourriture et les fibres, la bioéconomie et les communautés.
	Développer de nouveaux outils de surveillance et de suivi des zoonoses émergentes et des organismes nuisibles des plantes et des animaux dans les écosystèmes naturels et gérés.
Énergie	Renforcer le développement, la démonstration et le déploiement sûrs, abordables, accessibles et fiables de technologies énergétiques et énergétiques n'émettant pas ou peu de carbone, y compris la gazéification de la biomasse, la production d'hydrogène à grande échelle à partir d'énergies renouvelables, les technologies de l'énergie hydrogène et des petits réacteurs modulaires, le gaz naturel renouvelable et la distribution d'hydrogène, tout en apportant des avantages économiques.
	Renforcer le développement, la démonstration et le déploiement sûrs, abordables, accessibles et fiables de technologies énergétiques et énergétiques n'émettant pas ou peu de carbone, y compris la gazéification de la biomasse, la production d'hydrogène à grande échelle à partir d'énergies renouvelables, les technologies de l'énergie hydrogène et des petits réacteurs modulaires, le gaz naturel renouvelable et la distribution d'hydrogène, tout en apportant des avantages économiques.
	Améliorer l'efficacité énergétique dans tous les secteurs, notamment dans les bâtiments, les transports et l'industrie, afin de réduire la demande d'énergie et d'optimiser la production, le transport et le stockage de l'énergie thermique, et soutenir l'utilisation de sources d'énergie à faible teneur en carbone, de matières premières et de technologies non émettrices (par exemple, les énergies renouvelables).

THÈMES	BESOINS EN MATIÈRE DE SCIENCE ET DE SAVOIR
Énergie (suite)	Développer des technologies intelligentes pour optimiser l'approvisionnement et l'utilisation de l'énergie, et pour soutenir les systèmes énergétiques à haut rendement et de conception nette zéro, y compris les systèmes énergétiques modulaires, régionaux (c'est-à-dire de district) et résilients.
	Faire progresser la recherche axée sur l'électrification dans des sous-secteurs clés (par exemple, sur réseau, hors réseau, extraction des ressources, transport), y compris la production (systèmes mixtes : renouvelable, nucléaire, thermique), le stockage, les technologies intelligentes et les obstacles à la mise en œuvre (par exemple, pour les véhicules électriques).
	Faire progresser la compréhension des exigences infrastructurelles, économiques et technologiques de la transformation énergétique nécessaire pour atteindre la carboneutralité d'ici 2050.
	Faire progresser la compréhension des possibilités et des obstacles associés aux technologies propres de la prochaine génération, telles que les maisons prêtes à consommer zéro énergie, l'énergie de l'hydrogène, les petits réacteurs modulaires et les réseaux et dispositifs intelligents.
	Élaborer un modèle intégré et discret de répartition de l'énergie pour l'équilibrage de l'offre et de la demande du réseau électrique canadien, y compris l'évaluation des émissions de GES, aux niveaux national et provincial.
	Développer les connaissances scientifiques, notamment sur le rôle des minéraux, les solutions basées sur la nature et les technologies de croissance propre, afin d'éclairer la transformation nécessaire dans le secteur de l'énergie pour parvenir à la carboneutralité d'ici 2050.
	Faire progresser la compréhension des solutions de chauffage au bois et aux granulés, en particulier dans les régions nordiques, rurales et éloignées, en ce qui concerne les changements climatiques, le changement d'affectation des terres et les préoccupations environnementales et sanitaires, telles que la pollution atmosphérique et la perte d'habitat. Il convient de tenir compte des récentes avancées en matière d'efficacité énergétique dans les technologies, des opportunités économiques et des considérations liées à l'analyse comparative entre les sexes plus(ACS+).
	Amélioration de la disponibilité des données pour comprendre et modéliser de manière adéquate l'offre et la demande d'énergie locale et régionale dans tous les secteurs, car ces données ne sont pas accessibles à tous au Canada.
Événements extrêmes	Améliorer la prévision et la projection des extrêmes climatiques, des événements extrêmes et des tempêtes, y compris les prévisions quantitatives pour informer la réduction des risques de catastrophes.

THÈMES	BESOINS EN MATIÈRE DE SCIENCE ET DE SAVOIR
Événements extrêmes (suite)	Améliorer l'attribution des événements extrêmes historiques et contemporains aux changements climatiques anthropiques.
	Comprendre le risque posé par les extrêmes et développer des méthodes pour intégrer les risques climatiques avec les changements d'exposition et de vulnérabilité pour les systèmes sociaux/culturels, la foresterie, la faune et la flore sauvages, les systèmes de santé, les infrastructures, la pêche, l'aquaculture et l'agriculture. Il s'agit notamment de comprendre les événements extrêmes composés ou se produisant simultanément et d'élaborer des indices et des seuils spécifiques à chaque secteur.
	Étudier comment les extrêmes climatiques et les événements extrêmes influenceront l'efficacité des mesures d'atténuation et d'adaptation, y compris les solutions basées sur la nature et les systèmes énergétiques.
Santé et bien-être	Déterminer où et quand les maladies infectieuses d'origine climatique apparaîtront ou réapparaîtront au Canada, et notamment comprendre les effets du climat sur les zoonoses, alimentaires et hydriques, tant exotiques qu'endémiques, en rapport avec la surveillance et le suivi, la modélisation, les diagnostics de laboratoire et les efforts de prévention et de promotion de la santé publique.
	Comprendre les risques sanitaires et les facteurs de vulnérabilité aux phénomènes météorologiques extrêmes liés au climat (par exemple, la chaleur extrême), y compris les mesures d'adaptation efficaces pour protéger la santé.
	Comprendre les effets sur la santé mentale et les effets psychosociaux des effets climatiques aigus et les effets à plus long terme sur la santé mentale et le bien-être, y compris les effets sur les enfants et les jeunes, la connaissance des résultats positifs sur la santé mentale et les moyens de communiquer sur les risques climatiques de manière à ne pas induire ou exacerber les problèmes de santé mentale.
	Améliorer la compréhension et les modèles de l'impact des multiples projections des changements climatiques sur la qualité de l'air (pollution atmosphérique anthropique, fumée des feux de forêt, aéro-allergènes, qualité de l'air intérieur) et des impacts sanitaires et économiques associés.
	Comprendre comment les impacts liés au climat peuvent affecter différentes populations, les implications pour l'équité en matière de santé, et les mesures d'adaptation efficaces et culturellement appropriées pour ces populations.
	Comprendre les risques, les vulnérabilités, les coûts et les adaptations efficaces liés au climat pour les systèmes et les services de santé, notamment en ce qui concerne les politiques, les programmes, les services et les infrastructures de santé, la planification, la gestion et la formation des ressources humaines dans le secteur de la santé et les chaînes d'approvisionnement essentielles pour la santé.

THÈMES	BESOINS EN MATIÈRE DE SCIENCE ET DE SAVOIR
Santé et bien-être (suite)	Améliorer la compréhension des besoins, des méthodes et des approches nouvelles en matière de collecte, d'intégration, d'analyse et de diffusion de données sanitaires, sociales et environnementales afin d'obtenir des informations précises et opportunes pour la prise de décision dans le secteur de la santé.
	Comprendre les impacts sanitaires des changements climatiques sur la sécurité et la sûreté alimentaires, y compris les répercussions sur les chaînes d'approvisionnement et les prix, ainsi que les organismes nuisibles, les agents pathogènes et les bio-toxines qui peuvent infecter les plantes, les animaux, les poissons et les fruits de mer, y compris les espèces traditionnellement récoltées par les peuples autochtones.
	Comprendre les avantages et les risques sanitaires directs et indirects des mesures climatiques prises par d'autres secteurs (par exemple, les transports, l'énergie, l'urbanisme), ainsi que le rendement économique et social des investissements dans des systèmes de santé résistants au climat.
Infrastructure	Poursuivre les recherches pour comprendre les phénomènes météorologiques extrêmes actuels et futurs, les risques naturels et les autres conséquences des changements climatiques (par exemple, les inondations, les tempêtes, les incendies, les îlots de chaleur urbains, l'élévation locale du niveau de la mer, le dégel du pergélisol, l'érosion) et l'impact connexe sur les infrastructures actuelles et prévues (par exemple, les infrastructures bâties, naturelles, énergétiques, de transport). Il s'agit notamment de développer des prévisions saisonnières à décennales sur l'évolution des extrêmes (intensité et fréquence).
	Augmenter les données climatiques dans les communautés côtières, les communautés autochtones, le Nord et les régions éloignées. Quantifier les impacts climatiques au fil du temps dans le Nord (par exemple, les précipitations, le vent, le pergélisol, la glace de mer, le niveau de la mer, les vagues, les ondes de tempête) et déterminer leurs effets sur les infrastructures du Nord, y compris pour les communautés autochtones.
	Développer des méthodologies normalisées pour prévoir et mesurer les émissions des matériaux de construction, des structures, des modernisations et des approches hybrides, qu'ils soient naturels ou artificiels.
	Élaborer des solutions techniques et comportementales pour développer des infrastructures et des communautés résilientes et à faible émission de carbone, y compris les implications économiques (coûts évités, retour sur investissement) des approches nouvelles et de modernisation, les options de retrait et de relocalisation gérés, les impacts économiques associés et les implications pour l'équité sociale dans une approche systémique inclusive. Les liens avec la réduction des risques de catastrophes sont essentiels.

THÈMES	BESOINS EN MATIÈRE DE SCIENCE ET DE SAVOIR
Infrastructure (suite)	Comprendre les implications du développement d'infrastructures à faibles émissions de carbone et résistantes et de la modernisation énergétique pour le parc de logements des communautés nordiques et éloignées.
	Étudier les implications économiques, sociales, écologiques et culturelles des solutions de résilience et d'adaptation des infrastructures à l'échelle nationale, provinciale, régionale et locale, ainsi qu'à l'échelle des actifs. Cela inclut la recherche visant à comprendre l'ensemble des avantages des solutions d'infrastructures naturelles.
	Développer des outils qui attribuent une valeur (économique et non économique) aux solutions d'infrastructures hybrides et naturelles qui séquestrent le carbone.
	Faire progresser des approches intégrées pour mieux comprendre et traiter les risques, les vulnérabilités et les interdépendances au sein du secteur des transports et entre les secteurs et systèmes interdépendants, ainsi que pour relever les défis (p. Ex., Gouvernance, données).
Systèmes terrestres	Améliorer notre compréhension des stocks de carbone terrestre et des liens avec les caractéristiques des paysages et l'hydrologie, les flux de GES et les processus associés qui entraînent des transferts entre les écosystèmes, entre les paysages et vers et depuis l'atmosphère. Cela nécessite une mesure plus précise de la biomasse vivante au-dessus et au-dessous du sol, de la matière organique morte et du carbone du sol à l'aide d'observations in situ, aériennes et spatiales. Une attention particulière est requise pour les régions du nord et du pergélisol.
	Produire des estimations précises de l'impact des activités humaines actuelles et historiques sur les stocks de carbone et les flux de GES, y compris la quantification et la cartographie des transferts de carbone et d'azote entre les environnements gérés et naturels.
	Comprendre les impacts actuels et prévus des changements climatiques sur les stocks de carbone terrestres et les flux de GES, tels que la vulnérabilité des stocks de carbone, les impacts des perturbations, y compris les incendies, la variabilité interannuelle et les impacts des changements d'utilisation des terres en réponse aux changements climatiques.
	Comprendre les mesures d'atténuation et d'adaptation basées sur les terres afin d'identifier les synergies et de permettre le développement d'outils, de meilleures pratiques et d'actions qui intègrent les objectifs d'atténuation et d'adaptation pour une mise en œuvre régionale et locale tout en répondant aux objectifs écologiques, économiques et sociaux dans le cadre d'une série de scénarios climatiques futurs.
Arctique et Nord	Développer des infrastructures numériques, des stratégies de surveillance et de données qui permettent la participation des habitants du nord à la recherche et l'accès aux résultats et aux observations de la recherche canadienne et internationale.

THÈMES	BESOINS EN MATIÈRE DE SCIENCE ET DE SAVOIR
Arctique et Nord (suite)	Développer des technologies adaptées et appropriées à l'Arctique pour réduire la dépendance au diesel en ce qui concerne les systèmes et le stockage des énergies renouvelables, la récupération de la chaleur et l'efficacité énergétique.
	Inclure et encourager le leadership et l'autodétermination des Inuits et des habitants du Nord dans le développement continu de la recherche et de la surveillance du climat afin de combler les importantes lacunes existantes dans les connaissances sur l'Arctique et le Nord à toutes les échelles.
	Inclure et encourager le leadership des habitants de l'Arctique et du Nord dans la recherche multidisciplinaire afin de comprendre les impacts économiques et sanitaires des changements climatiques au niveau communautaire, et les besoins qui en résultent pour ces communautés. Cela comprend la recherche visant à soutenir les projets d'énergie propre menés par la communauté.
	Comprendre les impacts physiques, paysagers et communautaires des priorités scientifiques identifiées ci-dessus dans un contexte arctique et nordique.

Annexe 4 – Vignettes « la science en action »

Vous trouverez ci-dessous des exemples de la science des changements climatiques en action, en complément de ceux qui figurent dans le corps du document.

Suivre les gaz à effet de serre de près

Les zones urbaines ont de nombreuses sources d'émissions de GES. Le suivi de l'évolution des émissions et l'identification des possibilités d'atténuation sont essentiels pour réduire l'empreinte carbone des habitants et des entreprises des villes. Les chercheurs d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) utilisent les mesures des augmentations de GES dans l'atmosphère locale pour quantifier l'impact des émissions industrielles et urbaines. Ils ont combiné des données socio-économiques et atmosphériques pour produire des cartes des émissions de GES pour le sud de l'Ontario, et ont analysé l'importance relative de différents secteurs (par exemple, le transport routier, résidentiel, commercial) et ont montré qu'il est crucial de comprendre la contribution des sources naturelles. En outre, ils ont effectué plus de 10 000 km d'enquêtes mobiles dans les régions du grand Toronto et de Montréal pour trouver des possibilités d'atténuation liées au méthane, ce qui a montré que le secteur des déchets est un contributeur majeur, tandis que les infrastructures de gaz naturel sont une source plus petite que dans d'autres villes d'Amérique du Nord. Ces techniques peuvent être étendues à d'autres zones urbaines du Canada et utilisées par des partenaires des secteurs universitaire et privé.

Projet de résilience climatique de la communauté de Tuktoyaktuk

La société communautaire de Tuktoyaktuk a développé des partenariats innovants avec des chercheurs et des institutions de la région de peuplement des Inuvialuit afin de renforcer les capacités de surveillance du climat et les compétences en matière de recherche. Des moniteurs formés suivent les variables du pergélisol, l'épaisseur de la glace, les dates de dégel, l'épaisseur de la neige et la qualité de l'eau sur des sites de surveillance informés par le savoir traditionnel. La surveillance du climat et le suivi des photos à intervalle régulier permettent d'obtenir des informations météorologiques en temps utile, ce qui facilite la prise de décisions quant à la sécurité des déplacements sur le terrain. Ceci est particulièrement important, car les aînés inuits ont indiqué qu'il était difficile de prévoir le temps en raison du changement rapide du climat.

Protéger les enfants contre les accidents et les blessures liés à la chaleur dans les aires de jeux

Les terrains de jeux peuvent présenter de sérieux risques pour la santé des enfants lors d'épisodes de chaleur extrême, comme les brûlures causées par les glissoires métalliques et l'épuisement dû à la chaleur. Les dernières données scientifiques sur les dangers causés par la chaleur pour la santé des enfants sont utilisées dans le cadre d'une initiative sur la conception des terrains de jeux menée par le Conseil canadien des normes et Santé Canada, grâce au soutien qu'ils apportent au programme national pour la sécurité des terrains de jeux de l'université du nord de l'Iowa. Le projet vise à mettre au point des lignes directrices sur la manière d'inclure la température et le confort dans les normes de construction des terrains de jeux dans le cadre des efforts visant à rendre ces infrastructures résistantes au climat dans tout le Canada. Grâce à ces informations, la norme sur les espaces et équipements de jeu pour enfants de l'Association canadienne de normalisation sera mise à jour, donnant aux municipalités, aux fournisseurs de logements abordables et aux écoles un outil leur permettant de rénover les terrains de jeu existants ou d'en construire de nouveaux qui soient frais, confortables et sécuritaires pour les enfants et les personnes qui s'occupent d'eux pendant l'été.

Collaboration internationale sur les données et les applications satellitaires dans le cadre du projet Polar View

Le projet *Polar View* utilise des données satellitaires opérationnelles pour établir des services pour les communautés de l'Arctique. Le projet *Community Ice Service* fournit l'un de ces services essentiels à plusieurs communautés inuites du nord. En raison des changements climatiques, l'emplacement et l'étendue des glaces et des lisières de glace saisonnières évoluent rapidement et des informations supplémentaires sont très appréciées pour compléter le savoir autochtone. Grâce à une collaboration entre les scientifiques de l'Agence spatiale européenne et de l'Agence spatiale canadienne, des données de routine sur la glace sont fournies et utilisées par les communautés inuites pour informer leurs activités quotidiennes. D'autres services de *Polar View* liés à la surveillance des icebergs et à l'observation des glaciers font désormais partie intégrante du tourisme et des transports dans le nord, où les caractéristiques naturelles jouent à la fois le rôle d'attraction et de danger. Grâce à ces services, les opérateurs touristiques peuvent identifier les zones d'observation récréative, tout en maintenant les bateaux à une distance sûre des écosystèmes sensibles ou des dangers. Dans l'ensemble, le projet a réussi à transformer et à appliquer les données satellitaires à la vie quotidienne des Canadiens.

Infrastructures côtières

De nombreuses zones côtières du Canada ont une grande importance économique, sociale, historique ou environnementale. Les changements climatiques entraînent une augmentation du niveau de la mer et de la température de l'eau, une augmentation de l'acidité des océans et une diminution de la glace de mer et du pergélisol, ce qui pose des défis considérables aux communautés côtières vulnérables. Les dommages aux infrastructures côtières représentent un risque élevé pour ces régions. Par exemple, le programme des ports pour petits bateaux de Pêches et Océans Canada gère plus de 750 ports de pêche commerciale de base avec environ 7 000 structures et une valeur de remplacement de 5,2 milliards de dollars. En réponse aux risques associés aux changements climatiques, Pêches et Océans Canada a investi dans la recherche scientifique qui a permis d'élaborer et de mettre en œuvre des outils d'aide à la décision afin de fournir aux ingénieurs et aux gestionnaires des conseils scientifiques sur les meilleurs endroits où investir dans des projets d'adaptation.

Quels oléagineux sont prometteurs pour la production de biocarburant ?

Les biocarburants sont un moyen prometteur de réduire l'empreinte carbone des voyages aériens. On estime que l'utilisation d'un mélange de carburant contenant 50 % de biocarburant réduirait les émissions des vols de 50 à 70 %. Actuellement, les biocarburants ne représentent qu'une petite partie du mélange de carburants, mais les scientifiques d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) s'efforcent de changer cela. Bien que les biocarburants puissent être fabriqués à partir de diverses matières premières, leur coût par rapport aux combustibles fossiles rend leur utilisation généralisée difficile. Pour trouver un moyen de rendre la matière première de la biomasse plus efficace et moins coûteuse, les scientifiques d'AAC ont étudié cinq oléagineux différents cultivés dans les Prairies canadiennes. Ils ont constaté que, globalement, le canola semblait être la matière première de biomasse la plus efficace pour le biocarburant, étant donné qu'il avait le taux de croissance le plus élevé, le rendement de graines le plus élevé et qu'il était le plus efficace pour utiliser l'eau. Il faudra peut-être encore quelques années avant que les vols soient principalement alimentés par des plantes, mais les recherches d'AAC contribuent à faire avancer ce travail et à développer l'industrie aéronautique de l'avenir.

Réduire les émissions de GES liées au transport grâce à des véhicules à émissions zéro

L'utilisation d'une pile à combustible à hydrogène pour alimenter un moteur électrique permet d'obtenir un véhicule sans émission, avec l'avantage d'un temps de ravitaillement relativement court (3 à 5 minutes) et une autonomie de plus de 500 km avec un seul réservoir. Mais le coût, la durabilité et la disponibilité des infrastructures de ravitaillement en hydrogène restent des défis pour la commercialisation des véhicules électriques à pile à combustible (VEPC). Des travaux sont en cours pour comprendre et optimiser les processus rentables pour la technologie utilisée dans les véhicules électriques à pile à combustible, ainsi que pour évaluer les aspects économiques de l'augmentation de la production de cette technologie et la faisabilité de sa commercialisation. La combinaison des résultats de l'analyse technico-économique et des connaissances en matière d'ingénierie et de production montre que les véhicules à émissions zéro ne doivent pas être négligés en tant que technologie permettant de réduire les émissions de GES liées au transport.

Accélérer la transition vers l'énergie propre grâce aux petits réacteurs modulaires (PRM)

Dans le cadre de nos efforts pour parvenir à une société résiliente et neutre en carbone, les PRM peuvent contribuer à décarboniser l'économie canadienne en constituant une solution énergétique fiable, flexible et propre. Plus que la simple production d'électricité, les PRM pourraient être la clé de la construction d'un système énergétique global à faible teneur en carbone avec d'autres technologies non émettrices, fournissant de la chaleur à haute température pour des applications telles que le chauffage urbain, l'extraction des ressources, le dessalement, la production d'hydrogène et les applications hors réseau à distance. Ressources naturelles Canada a convoqué des intervenants pour élaborer la feuille de route des SMR du Canada, qui trace la voie à suivre pour cette technologie au Canada. Les innovateurs SMR collaborent actuellement avec des laboratoires, des universités et des opérateurs dans le cadre de travaux de recherche et développement afin de simplifier la conception de ces dispositifs et de les rendre capables de fonctionner en usine, tout en intégrant des dispositifs de sécurité améliorés et en réduisant les volumes de déchets, certains d'entre eux étant même capables de recycler les déchets comme combustible. Pour faire progresser ces technologies vers la démonstration et la commercialisation d'ici la fin des années 2020, les domaines scientifiques actuels comprennent la physique des réacteurs, la thermohydraulique, la fabrication de combustible et la sûreté des centrales. Suivant les recommandations de la feuille de route, les chercheurs, les acteurs industriels, les gouvernements et les partenaires internationaux s'efforcent d'évaluer les technologies, de réduire les coûts, de mobiliser le financement privé et d'établir des cadres politiques et réglementaires pour ouvrir la voie au déploiement.

Impacts de la vague de chaleur marine de 2013-2015 sur la côte ouest du Canada

Un réchauffement d'une ampleur record a commencé au large de la côte ouest de la Colombie-Britannique en 2013. Elle est devenue évidente dans les eaux côtières de la Colombie-Britannique à l'été 2015, avec une augmentation des températures de l'eau de 3°C au-dessus de la normale. Ce réchauffement des eaux côtières s'est accompagné d'efflorescences algales nuisibles, de niveaux records de grand zooplancton gélatineux et d'une invasion d'espèces d'eau chaude.

L'événement a eu des conséquences en cascade sur l'écosystème, comme la floraison extraordinaire d'un tunicier aquatique colonial (un animal sans colonne vertébrale que l'on trouve rarement au nord de la Californie) observée sur toute la côte ouest de l'Amérique du Nord en 2017. Cette efflorescence a eu des répercussions négatives importantes sur les opérations de pêche commerciale et récréative en raison de l'encrassement des engins de pêche, ce qui illustre le fait que des événements anormaux peuvent avoir des répercussions imprévues

sur les pêches côtières. Cette vague de chaleur marine était sans précédent et l'évaluation des stocks et la gestion des ressources du MPO ont inclus les observations de cet événement extrême dans les prévisions de 2016 concernant les retours de saumon du Pacifique dans les réseaux fluviaux de la Colombie-Britannique. Les liens entre les conditions océaniques chaudes et la mauvaise qualité des proies du saumon du Pacifique ont permis d'établir les perspectives d'avant-saison concernant les retours de saumons et les possibilités de pêche, avec la variabilité attendue entre les stocks de saumon et une abondance générale inférieure à la moyenne.

Accélérer le codéveloppement et l'adoption de solutions grâce à des laboratoires vivants

Trop souvent, des solutions unidimensionnelles sont appliquées aux différentes composantes du problème des changements climatiques, en négligeant la complexité entre elles et en empêchant un succès à grande échelle ou des taux d'adoption suffisants. Dans le cadre de l'Initiative des laboratoires vivants d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, les agriculteurs, les scientifiques et d'autres partenaires travaillent ensemble pour développer, tester et surveiller de nouvelles pratiques et technologies dans un contexte réel. Ce réseau national de laboratoires vivants fournit une approche intégrée de l'innovation agricole qui peut aborder les relations complexes dans l'élaboration de mesures d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques agricole. Cette initiative accélérera l'adoption de nouvelles technologies et de pratiques de gestion bénéfiques pour renforcer la résilience des paysages agricoles, notamment l'adaptation aux changements climatiques, l'amélioration des performances agroenvironnementales (y compris l'atténuation des gaz à effet de serre) et l'intensification durable de la production agricole.

Prévoir les conditions météorologiques extrêmes

Les indices de conditions météorologiques extrêmes sont une série de cartes interactives présentant des prévisions à court terme tout au long de la saison agricole, qui aideront les producteurs agricoles à évaluer les risques de conditions météorologiques extrêmes pour leurs activités. Ils sont le résultat de près d'une décennie de collaboration scientifique entre Agriculture et Agroalimentaire Canada et Environnement et Changement climatique Canada, s'appuyant sur des données climatiques partagées, des ordinateurs à haute performance, des modèles complexes et de grands ensembles de données. Les informations contenues dans les indices sont adaptées à l'agriculture, avec des cartes indiquant les endroits où des phénomènes météorologiques extrêmes sont prévus, ainsi que l'ampleur et la probabilité de leur apparition. Les utilisateurs peuvent choisir de consulter et d'explorer des cartes à partir de catégories comme la température, la chaleur, les vents et les prévisions de précipitations jusqu'à un mois à l'avance. L'accès à ces informations aide les agriculteurs à évaluer la propagation des organismes nuisibles, à planifier le moment de la pulvérisation de leurs cultures, à évaluer le risque de gel et à planifier le moment de la récolte.

Outil national de prévision du rendement des cultures pour aider le secteur agricole canadien à s'adapter et à prospérer dans un climat changeant

Grâce à une collaboration entre Agriculture et Agroalimentaire Canada et Statistique Canada, les données satellitaires et de gestion des terres sont combinées pour fournir des informations d'alerte rapide sur l'état des cultures dans le cadre des scénarios climatiques actuels et futurs. L'Outil de prévision du rendement des cultures du Canada a été créé en intégrant des informations satellitaires essentielles (par exemple, l'humidité du sol, la santé des plantes) à des données agroclimatiques complexes. L'outil fournit des délais de prévision de deux à trois mois pour le taux de croissance des cultures. Ainsi, la chaîne de valeur agricole est mieux à même d'anticiper, d'atténuer et de répondre aux risques climatiques tout en maintenant une production alimentaire durable. Au fur et à mesure que des données plus détaillées et plus fréquentes seront disponibles à partir de plateformes satellitaires telles que la mission de la Constellation RADARSAT, les prévisions de rendement des cultures devraient devenir encore plus précises.