



## CHAPITRE 5

# Services écosystémiques

RAPPORT SUR LES  
ENJEUX NATIONAUX



Gouvernement  
du Canada

Government  
of Canada

Canada



## Auteure coordonnatrice principale

Michelle Molnar, Fondation David Suzuki

## Auteurs principaux

Paige Olmsted, Ph. D., Institute for Resources, Environment and Sustainability, Université de la Colombie-Britannique

Matthew Mitchell, Ph. D., Université de la Colombie-Britannique

Ciara Raudsepp-Hearne, Ph. D., Université McGill

Mark Anielski, Anielski Management inc.

## Auteurs collaborateurs

Elizabeth Nelson, Ph. D., Parcs Canada

Ian Hanington, Fondation David Suzuki

Theresa Beer, Fondation David Suzuki

Olga Shuvalova, Fondation David Suzuki

John Sommerville, Ressources naturelles Canada

Meredith Caspell, Ressources naturelles Canada

## Citation recommandée

Molnar, M., Olmstead, P., Mitchell, M., Raudsepp-Hearne, C. et Anielski, M. (2021). Services écosystémiques, chapitre 5 dans Le Canada dans un climat en changement : Rapport sur les enjeux nationaux, (éd.) F.J. Warren et N. Lulham, gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario)

## Table des matières

Messages clés	297
5.1 Introduction	298
5.1.1 Portée et structure du chapitre	298
5.1.2 Contexte canadien	299
5.1.3 Écosystèmes, services écosystémiques et biodiversité	303
5.1.4 Facteurs de changements directs et indirects dans les services écosystémiques	308
5.1.5 Rétroactions, seuils et points de bascule	310
5.2 Les changements climatiques menacent les écosystèmes du Canada et les services qu'ils fournissent	312
5.2.1 Introduction	312
5.2.2 Phénologie	313
5.2.3 Modification des aires de répartition	314
Étude de cas 5.1 : Aborder le problème de l'élévation du niveau de la mer à Boundary Bay (C.-B.) au moyen d'une « digue vivante »	316
5.2.4 Aires protégées et de conservation	316
5.3 Les impacts varieront selon les écosystèmes et les régions du Canada	318
5.3.1 Introduction	318
5.3.2 Les régions nordiques	320
5.3.3 Régions montagneuses	322
5.3.4 Régions forestières	323
Étude de cas 5.2 : Migration assistée du pin à écorce blanche en C.-B. et en Alberta en réponse aux changements climatiques	324
5.3.5 Régions côtières	327
5.3.6 Renforcement de la capacité d'adaptation	328
5.4 Les connaissances autochtones sont essentielles au maintien des écosystèmes	329
5.4.1 Introduction	329
5.4.2 Les principes d'apprentissage autochtones	330
Étude de cas 5.3 : Préserver la culture Tłı̨chʔ face au déclin des populations de caribous de la toundra	331
5.4.3 Cogestion des ressources naturelles et gestion des ressources naturelles par les Autochtones	333



Étude de cas 5.4 : Maintien des écosystèmes et de leurs services grâce aux aires protégées et de conservation autochtones	334
5.5 Les approches d'adaptation fondées sur la nature maximisent les avantages	336
5.5.1 Introduction	336
5.5.2 Approches d'adaptation fondées sur la nature	336
Étude de cas 5.5 : Restauration des marais côtiers et de leurs services écosystémiques à Truro (Nouvelle-Écosse)	339
Étude de cas 5.6 : Promouvoir un aménagement des berges respectueux des écosystèmes grâce au programme Green Shores	341
Étude de cas 5.7 : Lutte contre les îlots de chaleur urbains à Kingston, en Ontario, en augmentant les forêts urbaines	343
Étude de cas 5.8 : Services écosystémiques offerts par la ceinture de verdure de l'Ontario	344
Étude de cas 5.9 : Gestion des actifs naturels municipaux et prestation de services	350
5.6 Aller de l'avant	353
5.6.1 Lacunes dans les connaissances	353
5.6.2 Nouveaux enjeux	354
5.7 Conclusion	356
5.8 Références	358
5.9 Annexe 1	373

## Messages clés

### **Les changements climatiques menacent les écosystèmes du Canada et les services qu'ils fournissent (voir la section 5.2)**

Les changements climatiques ont déjà une incidence sur la capacité des écosystèmes du Canada à fournir des services. Les phénomènes météorologiques extrêmes, plus particulièrement les modifications des régimes climatiques saisonniers, interagissent avec d'autres pressions exercées sur les écosystèmes et entraînent toute une série d'impacts. Ceux-ci vont continuer à s'intensifier.

### **Les impacts varieront selon les écosystèmes et les régions du Canada (voir la section 5.3)**

Les réponses des écosystèmes aux changements climatiques varieront selon les régions du Canada. Les régions septentrionales, montagneuses et côtières sont particulièrement vulnérables aux impacts des changements climatiques sur les services écosystémiques, en raison notamment des possibilités d'adaptation limitées. Le renforcement de la capacité d'adaptation des personnes et des collectivités vivant dans ces régions est essentiel pour maintenir et préserver les services écosystémiques.

### **Les connaissances autochtones sont essentielles au maintien des écosystèmes (voir la section 5.4)**

Les connaissances autochtones sont essentielles au maintien des écosystèmes et des services écosystémiques qu'ils fournissent dans un climat en changement. Les systèmes de connaissances autochtones englobent différents points de vue pour mieux saisir la complexité de l'environnement et proposent des stratégies pour réduire les changements environnementaux, le gérer et s'y adapter d'une manière globale et adaptée au milieu.

### **Les approches d'adaptation fondées sur la nature maximisent les avantages (voir la section 5.5)**

Les approches d'adaptation fondées sur la nature réduisent les risques liés aux changements climatiques pour les collectivités et sont souvent plus rentables et souples que les solutions techniques. Elles offrent également de nombreux avantages connexes du point de vue social, environnemental et économique, et contribuent à renforcer la capacité d'adaptation des collectivités.

## 5.1 Introduction

Les écosystèmes jouent un rôle important dans le soutien de la société grâce aux biens et services qu'ils fournissent, tels que la nourriture, l'eau potable, la purification de l'air et la régulation du climat. Ils contribuent également à l'atténuation des changements climatiques en séquestrant le carbone de l'atmosphère. Les services fournis par les écosystèmes sont affectés par de multiples facteurs, notamment le changement d'utilisation des terres et la surexploitation, qui peuvent réduire leur capacité à générer des bienfaits à court et à long terme. Étant donné que le climat continue de changer et que les écosystèmes se transforment en réponse aux conditions environnementales changeantes, leur capacité à fournir ces services sera touchée. Le maintien, la restauration et la gestion des écosystèmes dans le but de lutter contre les facteurs de stress climatiques et non climatiques sont des stratégies essentielles pour renforcer leur résistance aux conditions changeantes et réduire ainsi leur vulnérabilité face aux changements climatiques. Compte tenu des liens importants entre les collectivités autochtones et la nature, les connaissances autochtones sont essentielles afin de comprendre comment les changements climatiques affectent les écosystèmes, et dans le but de concevoir et de mettre en œuvre des approches pour leur préservation et leur gestion.

Les écosystèmes jouent également un rôle tampon important en réduisant la gravité des impacts des changements climatiques sur la société, notamment grâce à des services tels que la réduction des inondations et la protection contre les ondes de tempête. De plus en plus, des approches en matière d'adaptation aux changements climatiques fondées sur la nature sont envisagées et adoptées à différents niveaux, puisqu'elles constituent des mesures moins coûteuses (par rapport aux approches techniques) de réduction des risques liés aux changements climatiques, tout en offrant une série d'avantages sociaux et économiques connexes.

### 5.1.1 Portée et structure du chapitre

Le présent chapitre se penche sur les risques et les impacts complexes que les changements climatiques représentent pour les écosystèmes du Canada et les services qu'ils fournissent, ainsi que les possibilités d'adaptation aux changements climatiques. Il débute par une présentation des concepts, des définitions et des considérations clés. Il traite ensuite des diverses façons dont les changements climatiques affectent actuellement les écosystèmes et des services qu'ils fournissent, ainsi que des effets attendus à l'avenir, à l'aide d'exemples se rapportant à différents types d'écosystèmes dans diverses régions du pays. Il aborde également le rôle des connaissances autochtones dans la compréhension des impacts des changements climatiques sur les écosystèmes et la réponse à ceux-ci. Il se penche ensuite le rôle croissant et la reconnaissance en pleine expansion des approches d'adaptation fondées sur la nature pour réduire les impacts des changements climatiques sur la société. Des études de cas sont présentées tout au long du chapitre afin de fournir des exemples pratiques de l'adaptation dans ce domaine.

Le chapitre se concentre sur quatre messages clés, qui illustrent l'état actuel des connaissances sur les questions prioritaires. Il ne fournit donc pas un résumé complet des impacts des changements climatiques et des facteurs d'adaptation à prendre en compte dans l'ensemble des régions, des écosystèmes et des groupes

sociaux. L'équipe d'auteurs reconnaît que de nombreuses lacunes dans les connaissances subsistent et qu'il existe un certain nombre de questions émergentes liées à ce sujet; celles-ci sont abordées vers la fin du chapitre.

Ce chapitre s'appuie sur le chapitre « Biodiversité et aires protégées » du rapport [Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation](#) (Nantel et coll., 2014). Il s'agit toutefois du premier chapitre du processus d'évaluation des connaissances nationales du Canada à examiner les services écosystémiques et les approches d'adaptation fondées sur la nature. En tant que tel, il est destiné à servir de point de départ au dialogue riche et dynamique qui se poursuit à ce sujet. Les évaluations subséquentes s'appuieront sur ce chapitre et s'efforceront de saisir et de refléter l'apprentissage et les nouvelles connaissances générées par les nombreux projets et recherches en cours dans ce domaine.

## 5.1.2 Contexte canadien

Le Canada est composé d'un large éventail d'écosystèmes qui fournissent de nombreux services à la société. Le Conseil canadien des aires écologiques (2014) a défini 18 écozones terrestres, 12 écozones marines et une écozone d'eau douce au pays, une « écozone » représentant le niveau le plus large de classification écologique utilisé au Canada (voir la figure 5.1).

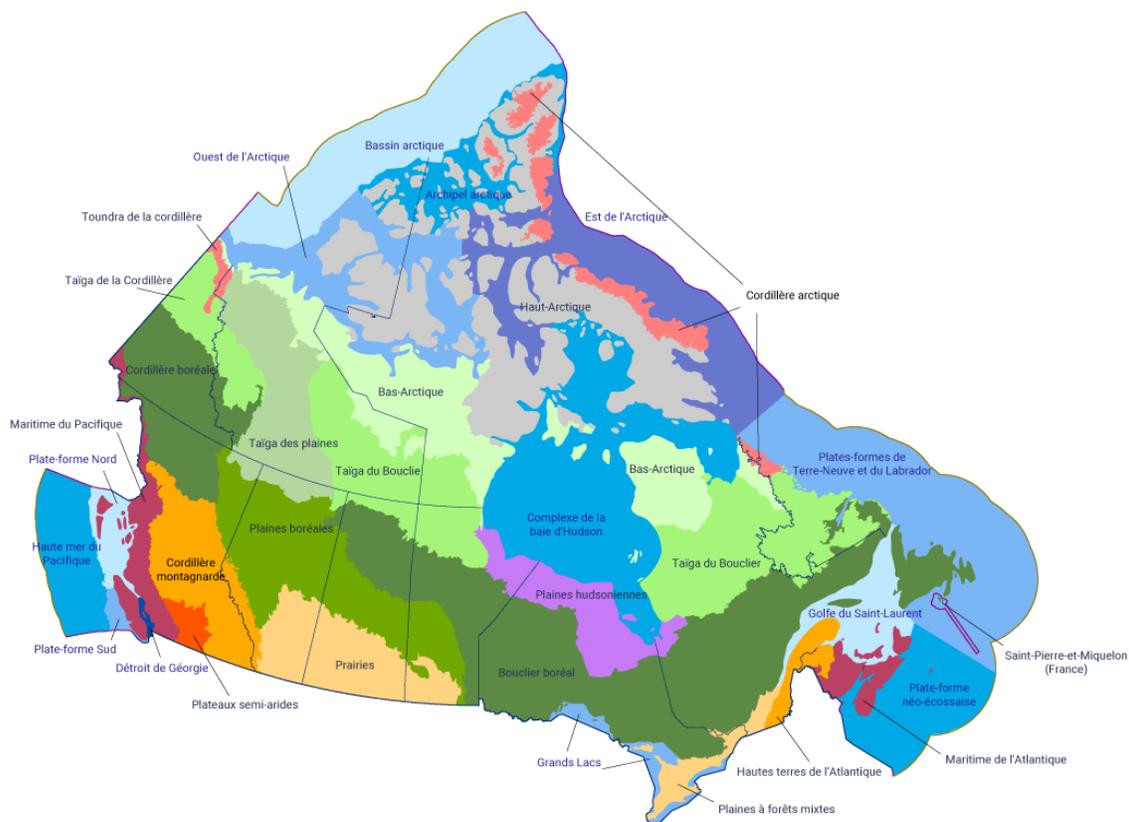


Figure 5.1 : Carte des 18 écozones terrestres et des 12 écozones marines du Canada. Source : Adapté du Conseil canadien des aires écologiques, 2014.

Les Canadiens retirent des bienfaits indispensables des services écosystémiques, qui contribuent à la culture, aux économies, aux emplois, à la santé et à d'autres dimensions du bien-être humain. La valeur économique des services écosystémiques au Canada est estimée à au moins 3 600 milliards de dollars par an (IPBES, 2018), soit plus du double du produit intérieur brut (PIB) du pays en 2018. Le Canada est reconnu comme étant l'un des cinq pays qui, ensemble, regroupent 70 % des zones sauvages intactes restantes dans le monde (Watson et coll., 2018), et est considéré comme ayant une plus grande capacité à fournir des services écosystémiques que la moyenne mondiale (IPBES, 2018). On estime que 285,8 millions de tonnes de biomasse (soit les cultures agricoles, le bétail, la volaille, le lait, les produits de l'érable, le miel, les produits forestiers et les produits de la pêche) ont été extraites des écosystèmes terrestres et aquatiques du Canada pour usage humain en 2010 (Statistique Canada, 2013). Bien que le Canada obtienne une cote globale élevée dans le nouvel indice de biodiversité et de services écosystémiques élaboré par le Swiss Re Institute (2020), les écosystèmes de certaines régions du pays pourraient être en déclin, ce qui aurait des impacts sur les services écosystémiques (voir l'encadré 5.1).

### **Encadré 5.1 : L'indice de biodiversité et de services écosystémiques du Swiss Re Institute**

Conscient de l'importance de la contribution de la nature à la qualité de vie et à l'économie, le Swiss Re Institute a récemment lancé un indice de biodiversité et de services écosystémiques (Indice BSE<sup>1</sup>), qui regroupe des données provenant de dix catégories, dont l'intégrité des habitats, la qualité de l'air local, la régulation du climat local, le contrôle de l'érosion et la protection des côtes, et ce, à une résolution de 1 km<sup>2</sup> (voir la figure 5.2). Cette approche permet une analyse localisée de dix catégories de biodiversité et de services écosystémiques, ainsi que des évaluations à l'échelle nationale et régionale. L'indice permet également de mettre en évidence les liens entre les BSE et les secteurs économiques (Gray, 2020).

---

1 Brevet en instance.

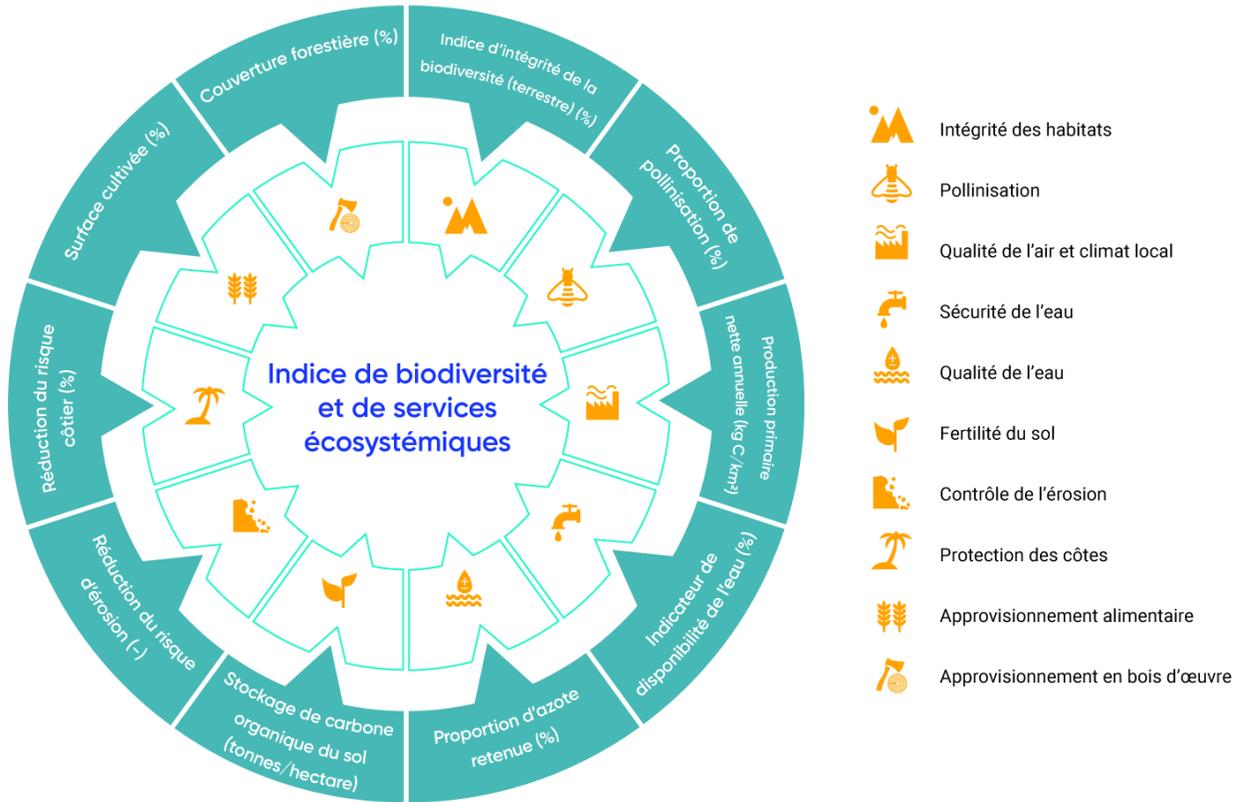
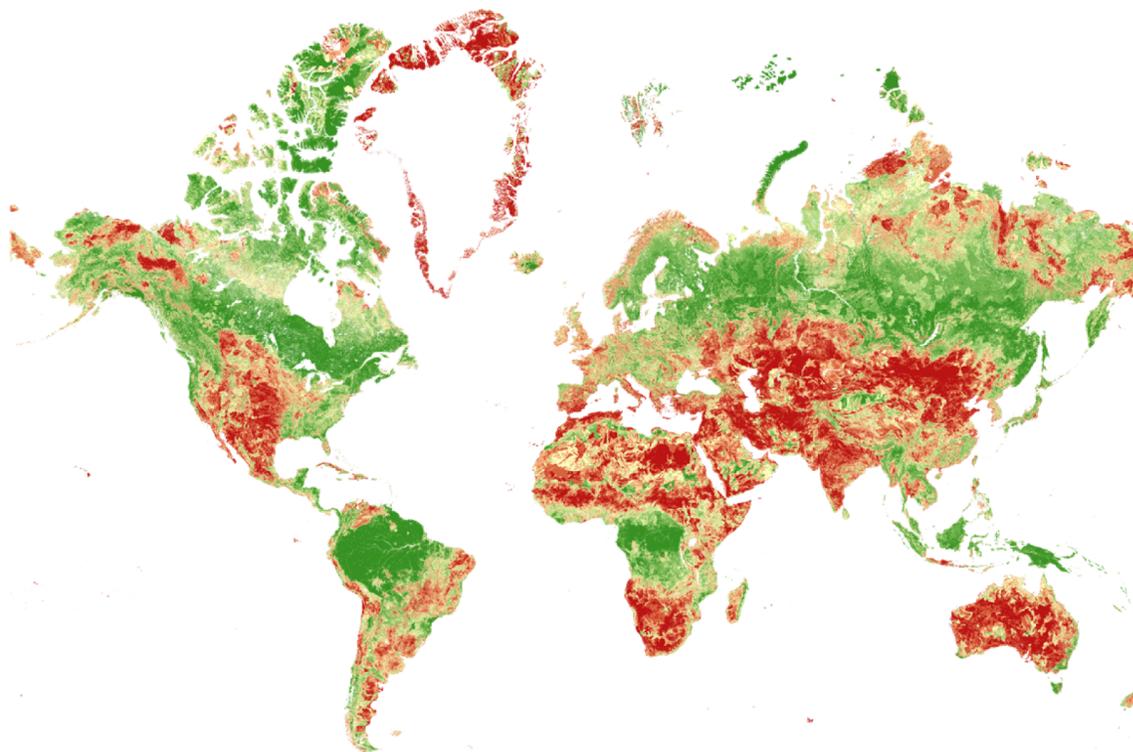


Figure 5.2 : Les dix catégories prises en compte dans le nouvel indice de biodiversité et de services écosystémiques mis au point par le Swiss Re Institute, qui permet d'évaluer l'état de la biodiversité et des services écosystémiques à l'échelle nationale ou régionale. Source : Adapté de Gray, 2020.

Le Swiss Re Institute considère que les sites présentant des indices BSE élevés (c.-à-d. se situant dans le 15<sup>e</sup> percentile supérieur à l'échelle mondiale) sont des écosystèmes « intacts », dotés d'une grande capacité à fournir des services écosystémiques. En revanche, les sites présentant des indices BSE faibles (c.-à-d. dans le 15<sup>e</sup> percentile inférieur à l'échelle mondiale) sont considérés comme des écosystèmes « fragiles », dont la capacité à fournir des services écosystémiques a été relativement compromise par la perte de biodiversité et la dégradation des écosystèmes. Bien que le Canada ait un indice BSE très élevé dans l'ensemble, certaines régions du pays obtiennent des résultats très faibles (voir la figure 5.3; Retsa et coll., 2020).



#### Indice de biodiversité et de services écosystémiques (BSE)

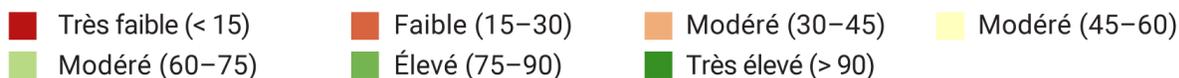


Figure 5.3 : Carte présentant les indices de biodiversité et de services écosystémiques pour différentes régions du monde. Source : Adapté de Gray, 2020.

L'indice BSE peut aider à orienter la prise de décision sur l'utilisation des actifs naturels pour rendre les entreprises et les investissements plus résilients aux impacts des changements climatiques en évaluant l'état de la biodiversité et des services écosystémiques, ainsi que la dépendance de l'activité économique à l'égard de ces services (Retsa et coll., 2020). L'indice BSE peut également être utile pour orienter la prise de décision des gouvernements sur les efforts de restauration et de préservation des écosystèmes, sauvegardant ainsi les services qu'ils fournissent.

La préservation des services écosystémiques face aux changements climatiques et l'application d'approches fondées sur la nature pour s'y adapter, comme nous l'abordons tout au long de ce chapitre, peuvent être des stratégies permettant d'atteindre des objectifs multiples. Par exemple, le Canada a pris une série d'engagements liés aux changements climatiques et aux écosystèmes en tant que signataire de

la Convention sur la diversité biologique, de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, des objectifs de développement durable des Nations Unies et de l'Accord de Paris. De plus, le Canada est l'un des pays qui ont convoqué et soutenu la Commission mondiale sur l'adaptation, et il codirige avec le Mexique le plan d'action des solutions fondées sur la nature. L'établissement de rapports sur les progrès réalisés dans le cadre de ces différents engagements est une exigence fédérale et peut constituer un levier pour mobiliser des efforts coordonnés entre les organismes gouvernementaux et les organisations non gouvernementales qui œuvrent pour atteindre des objectifs similaires.

### 5.1.3 Écosystèmes, services écosystémiques et biodiversité

Les écosystèmes sont des complexes dynamiques, composés d'organismes vivants (plantes, animaux et microorganismes) et de leur environnement, qui interagissent de multiples façons en tant qu'unité fonctionnelle (Ministre des Approvisionnements et Services, 1995). La diversité biologique, également connue sous le nom de biodiversité, désigne la variabilité des organismes vivants (y compris ceux qui vivent dans les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques) et des complexes écologiques dont ils font partie; cela inclut la diversité au sein des espèces et entre elles, ainsi que la diversité entre les écosystèmes (Convention sur la diversité biologique, 1992). Nantel et coll. (2014) donnent un aperçu des impacts des changements climatiques sur la biodiversité au Canada.

La biodiversité et les écosystèmes produisent un vaste assortiment d'avantages que les gens apprécient et dont ils dépendent, souvent appelés « services écosystémiques » (Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, 2005) ou « contributions de la nature aux sociétés » (IPBES, 2018). Parmi les exemples de services écosystémiques, citons la régulation du climat, la régulation de la qualité de l'eau douce et de l'eau côtière, la séquestration du carbone (voir l'encadré 5.2) et la régulation des risques et des phénomènes extrêmes (voir le tableau 5.1; IPBES, 2018). Bien que les services écosystémiques et la biodiversité soient liés, il s'agit là de concepts distincts. Par exemple, la gestion des services écosystémiques peut parfois avoir des effets positifs sur la biodiversité (p. ex. la promotion de services de régulation, comme le contrôle de l'érosion, peut avoir une influence positive sur la biodiversité en sauvant l'habitat), alors que d'autres mesures de gestion peuvent avoir des répercussions négatives sur la biodiversité (p. ex. la sélection d'espèces d'arbres basée uniquement sur l'optimisation de la séquestration du carbone, qui peut entraîner des changements au sein d'un écosystème ayant un effet négatif sur la biodiversité).

Les services écosystémiques sont générés par l'organisation et la structure d'un écosystème, ainsi que par les processus et fonctions écologiques (voir la figure 5.4). Les processus écologiques désignent tout changement ou réaction (physique, chimique ou biologique) qui se produit dans un écosystème, comme la décomposition et le cycle des nutriments (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Les fonctions des écosystèmes, qui constituent un sous-ensemble des interactions entre les structures biophysiques, la biodiversité et les processus écosystémiques, représentent le potentiel ou la capacité d'un écosystème à fournir des services (TEEB, 2010). Par exemple, les terres humides (une structure écosystémique) offrent une forme de régulation (une fonction écosystémique) qui contribue à limiter les impacts négatifs des inondations ou des phénomènes climatiques extrêmes sur les collectivités environnantes (un service écosystémique) (de Groot et coll., 2010a).

Les services écosystémiques peuvent être classifiés de différentes manières, mais trois catégories sont utilisées dans le présent chapitre : 1) les contributions régulatrices (c.-à-d. les aspects fonctionnels et structurels des organismes et des écosystèmes qui peuvent modifier les conditions environnementales telles qu'elles sont perçues par les gens ou qui soutiennent ou régulent les avantages matériels et non matériels); 2) les contributions matérielles (c.-à-d., substances, objets ou autres éléments matériels tirés de la nature qui contribuent à soutenir l'existence physique et l'infrastructure des personnes, et qui sont généralement consommés ou perçus consciemment); et 3) les contributions non matérielles (c.-à-d. les services qui affectent la qualité de vie subjective ou psychologique des personnes, individuellement et collectivement) (voir le tableau 5.1; IPBES, 2018).

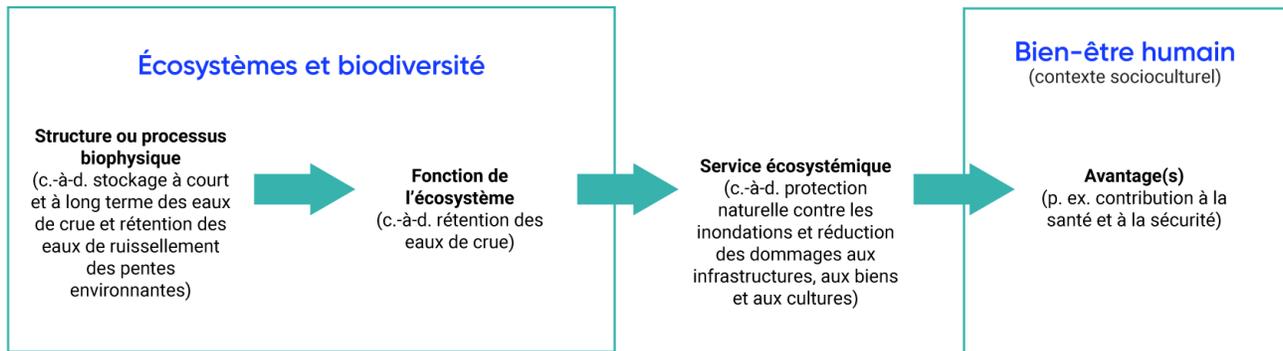


Figure 5.4 : Les interdépendances entre les écosystèmes, la biodiversité, les processus biophysiques, les fonctions des écosystèmes, les services écosystémiques et le bien-être humain. Source : Adapté de de Groot et coll., 2010b.

**Tableau 5.1 : Classification des services écosystémiques par la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES)**

CLASSIFICATION	SERVICE ÉCOSYSTÉMIQUE	DESCRIPTION
Contributions régulatrices	Création et préservation de l'habitat	Maintenir les structures et les processus écosystémiques qui permettent d'assurer d'autres contributions de la nature aux sociétés.
	Pollinisation et dispersion de graines et autres propagules	Les façons par lesquelles la nature contribue à la productivité des plantes par la fertilisation et la dispersion de graines et d'autres propagules végétatives (IPBES, 2016).
	Régulation de la qualité de l'air	Régulation de l'équilibre CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> , de l'ozone pour l'absorption des ultraviolets B et des gaz polluants.
	Régulation du climat	Régulation de l'albédo, de certains aspects des émissions de gaz à effet de serre et de la séquestration du carbone, entre autres (voir l'encadré 5.2).
	Régulation de l'acidification des océans	Le maintien du pH de l'océan par l'effet tampon des augmentations et des diminutions de l'acide carbonique, causées principalement par l'absorption de CO <sub>2</sub> par l'océan.
	Régulation de la quantité d'eau douce, de son emplacement et de la répartition des précipitations pendant l'année	Pour les utilisations directes par les personnes et les utilisations indirectes par la biodiversité et les habitats naturels (voir le chapitre « <a href="#">Ressources en eau</a> »).
	Régulation de la qualité des eaux douces et des eaux côtières	Capacité d'écosystèmes terrestres et aquatiques sains à réguler l'approvisionnement en eau et/ou à filtrer et à retenir les nutriments, les sédiments et les agents pathogènes affectant la qualité de l'eau (voir le chapitre « <a href="#">Ressources en eau</a> »).

CLASSIFICATION	SERVICE ÉCOSYSTÉMIQUE	DESCRIPTION
<b>Contributions régulatrices</b>  (continué)	Formation, protection et décontamination des sols et des sédiments	Rétention des sédiments et contrôle de l'érosion, genèse du sol et maintien de sa structure, décomposition et cycle des nutriments.
	Régulation des risques naturels et des phénomènes extrêmes	Rôle des écosystèmes préservés dans la réduction des impacts des inondations, des tempêtes, des glissements de terrain, des sécheresses, des vagues de chaleur et des incendies.
	Régulation des organismes nuisibles à la population humaine	Ravageurs, agents pathogènes, prédateurs, compétiteurs, etc.
<b>Contributions matérielles</b>	Énergie	Biocarburants
	Aliments pour consommation humaine et animale	Sources sauvages et domestiques, alimentation du bétail et du poisson d'élevage (voir le chapitre « <a href="#">Impacts sur les secteurs et mesures d'adaptation</a> »).
	Matériaux et assistance	Production de matériaux dérivés d'organismes provenant de cultures ou d'écosystèmes sauvages pour la construction, l'habillement, l'imprimerie ou à des fins décoratives.
	Ressources médicinales, biochimiques et génétiques	Plantes, animaux et microorganismes pouvant être utilisés pour maintenir ou protéger la santé humaine, soit directement, soit par le biais de processus de l'organisme ou de ses dérivés.
<b>Contributions non matérielles</b>	Apprentissage et inspiration	Possibilités offertes par la nature pour le renforcement des capacités qui permettent aux humains de prospérer grâce à l'éducation, à l'acquisition de connaissances et au développement de compétences.
	Expériences physiques et psychologiques	Possibilités d'activités bénéfiques sur le plan physique et psychologique, de guérison, de relaxation, de loisirs, de tourisme et de plaisir esthétique (voir le chapitre « <a href="#">Collectivités rurales et éloignées</a> » et le chapitre « <a href="#">Impacts sur les secteurs et mesures d'adaptation</a> »).

CLASSIFICATION	SERVICE ÉCOSYSTÉMIQUE	DESCRIPTION
Contributions non matérielles (continué)	Soutien des identités	Fondement des expériences religieuses, spirituelles et de cohésion sociale, des récits et des contes, ainsi que du sentiment d'appartenance, du sentiment d'avoir un but précis, d'attachement ou d'interdépendance (voir le chapitre « <a href="#">Collectivités rurales et éloignées</a> »).
	Maintien des options	L'existence continue d'une grande variété d'espèces, de populations et de génotypes pour permettre des découvertes encore inconnues et des utilisations imprévues de la nature, ainsi qu'une évolution continue.

Source : IPBES, 2018.

## Encadré 5.2 : Stockage du carbone par les écosystèmes

De nombreux écosystèmes séquestrent et emmagasinent du carbone, contribuant ainsi à réduire l'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Au Canada, les sols de la toundra, les forêts, les terres humides et des prairies revêtent une importance particulière pour la séquestration du carbone. Cependant, une fois que les écosystèmes sont perturbés, le carbone emmagasiné, qui peut s'être accumulé depuis des décennies, des siècles ou des millénaires, est libéré dans l'atmosphère (IPBES, 2018). La région de pergélisol nordique contient 1 672 pétagrammes (Pg) de carbone organique, principalement accumulé dans le pergélisol (c.-à-d. le sol ou la roche qui demeurent gelés d'une année à l'autre), ce qui représente environ 50 % de la réserve mondiale de carbone souterrain (Tarnocai et coll., 2009). Cependant, le dégel du pergélisol causé par les changements climatiques augmente la décomposition microbienne du carbone organique, le libérant dans l'atmosphère et déclenchant un processus de rétroaction positive (Schuur et coll., 2008). Les forêts peuvent séquestrer le carbone jusqu'à 800 ans (Luyssaert et coll., 2008). Alors que les forêts boréales, par exemple, séquestrent une immense quantité de carbone, les changements climatiques menacent leur capacité de stockage du carbone (Kurz et coll., 1999). Les terres humides et les tourbières fournissent également des services essentiels liés à la séquestration du carbone, et permettent le stockage d'environ 450 Pg de carbone (Mitsch et Gosselink, 2015; Lal, 2008). Les prairies stockent de grandes quantités de carbone dans la biomasse végétale et le sol, mais l'ampleur du stockage dépend de la manière dont les prairies sont gérées, notamment pour le bétail (Wang et coll., 2014).

## 5.1.4 Facteurs de changements directs et indirects dans les services écosystémiques

Les écosystèmes et les services qu'ils fournissent sont affectés par une série de facteurs directs et indirects. Les facteurs directs les plus importants de la dégradation des services écosystémiques sont la conversion des habitats, la fragmentation et la surexploitation. Le fait que les changements climatiques exacerbent les impacts des autres facteurs est sur le point de devenir le principal facteur (IPBES, 2018). Les changements climatiques menacent la viabilité et la résilience de certains écosystèmes naturels et des sociétés humaines qui en dépendent (Malhi et coll., 2020). Cependant, les connaissances sont actuellement incomplètes en ce qui concerne les manières complexes dont les écosystèmes et les services qu'ils fournissent sont affectés par les changements climatiques (GIEC, 2019a).

Les changements climatiques affectent la biodiversité et les services écosystémiques de multiples façons. La biodiversité étant essentielle à la résilience et au fonctionnement des écosystèmes, il est important de considérer les services écosystémiques dans le contexte de systèmes de soutien de la vie plus larges lors de l'étude des impacts des changements climatiques, des réponses des écosystèmes, de l'adaptation aux changements climatiques et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) (Groupe de travail sur l'adaptation et la biodiversité, 2018). L'annexe 1 présente un examen plus complet de la manière dont les changements climatiques menacent les différents types de services écosystémiques, des conséquences des impacts des changements climatiques sur le plan social et économique, et de la manière dont nous pouvons exploiter les écosystèmes pour nous adapter aux nouvelles conditions environnementales et réduire les émissions de GES. La figure 5.5 illustre la manière dont les changements climatiques pourraient avoir une incidence sur l'ampleur avec laquelle différents types de facteurs physiques, sociaux et économiques entraîneront des changements dans divers services écosystémiques à l'échelle mondiale d'ici 2050.

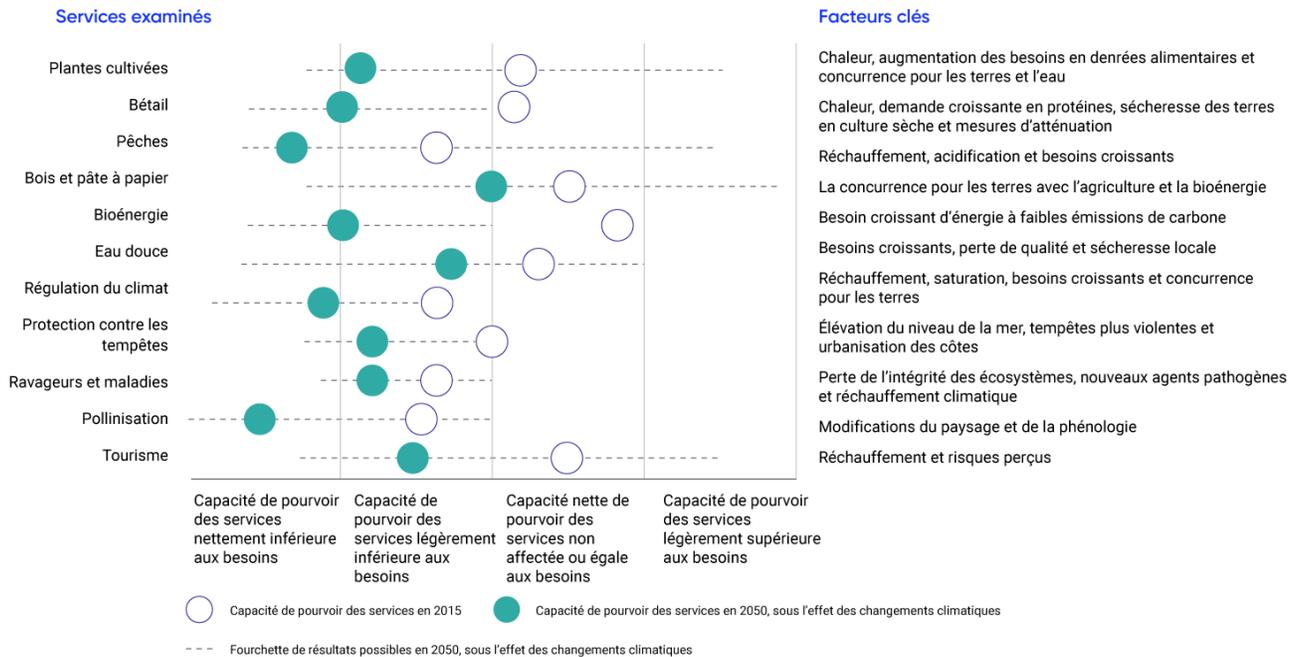


Figure 5.5 : Résumé visuel de la relation entre l'offre et la demande des services écosystémiques étudiés par Scholes (2016), actuellement (cercles vides) et vers 2050 (cercles pleins), dans le contexte des changements climatiques. La fourchette des résultats possibles autour de l'année 2050 est représentée par une barre horizontale. Source : Adapté de Scholes, 2016.

Parmi les autres facteurs de changements dans les écosystèmes figurent les activités humaines telles que le changement d'utilisation des terres, la surexploitation des ressources, la pollution et les modifications de l'équilibre hydrique. À l'échelle mondiale, les infrastructures, les exploitations agricoles, les établissements humains et les réseaux routiers occupent plus de 75 % de la surface habitable de la Terre (Ellis et coll., 2010). Les activités humaines ont également affecté les océans par le biais, par exemple, de l'eutrophisation et de l'appauvrissement des stocks de poissons (Halpern et coll., 2008), ce qui ne laisse qu'une proportion d'environ 13 % de l'océan n'ayant pas subi de répercussions des activités humaines (Jones et coll., 2018).

Les facteurs indirects de changements dans les écosystèmes comprennent les tendances démographiques, les modèles de croissance économique, les faiblesses des systèmes de gouvernance et les inégalités (IPBES, 2018). Le fait de ne pas prendre en compte la valeur économique totale des services écosystémiques dans la prise de décision a été reconnu comme étant un facteur clé contribuant à leur perte et à leur dégradation (Organisation de coopération et de développement économiques, 2019).

### 5.1.5 Rétroactions, seuils et points de bascule

Il est essentiel de reconnaître que les facteurs de changement, y compris les changements climatiques, n'affectent pas les services écosystémiques de manière linéaire. Les écosystèmes réagissent aux changements climatiques de la manière suivante : 1) des rétroactions qui peuvent limiter, atténuer ou amplifier les impacts sur les écosystèmes et les personnes; 2) des seuils, où un changement ou une perturbation relativement faible (p. ex. un changement de température) dans les conditions extérieures entraîne un changement rapide dans un écosystème; et 3) des points de bascule qui indiquent le seuil au-delà duquel un écosystème passe à un nouvel état, ce qui modifie considérablement la biodiversité et les services écosystémiques.

En ce qui concerne les changements climatiques, une boucle de rétroaction peut accélérer ou ralentir une tendance au réchauffement; il s'agit d'interactions bidirectionnelles entre le climat et les écosystèmes qui amplifient ou atténuent la réponse initiale du climat à des concentrations élevées de GES ou à d'autres facteurs de forçage climatique externes (Kueppers et coll., 2007). Si les impacts des changements climatiques entraînent une accélération du réchauffement, on parle de « rétroaction positive »; s'ils entraînent un ralentissement du réchauffement, en revanche, on parle de « rétroaction négative » (voir la figure 5.6). Un exemple de boucle de rétroaction positive liée aux changements climatiques est la migration vers le nord de la végétation forestière en lien avec le réchauffement climatique, qui réduit l'albédo de la surface terrestre et favorise ainsi un réchauffement supplémentaire (voir la figure 5.7).

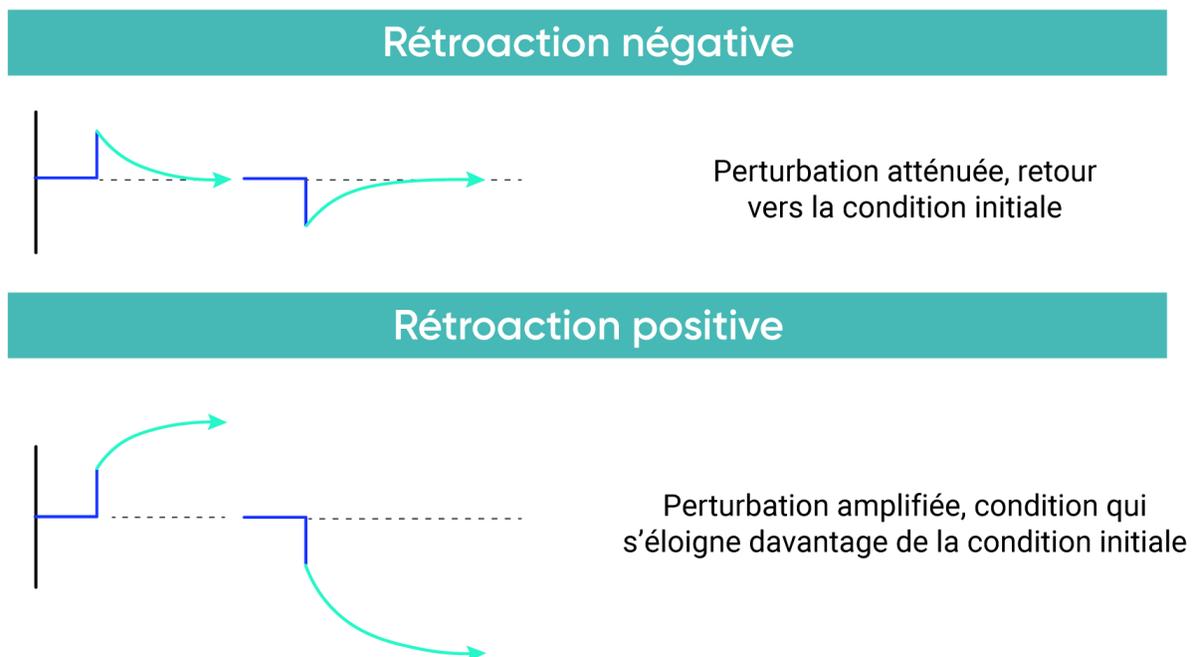


Figure 5.6 : Illustration des boucles de rétroaction positives et négatives liées aux interactions climat-écosystème. Source : Adapté de Kueppers et coll., 2007.

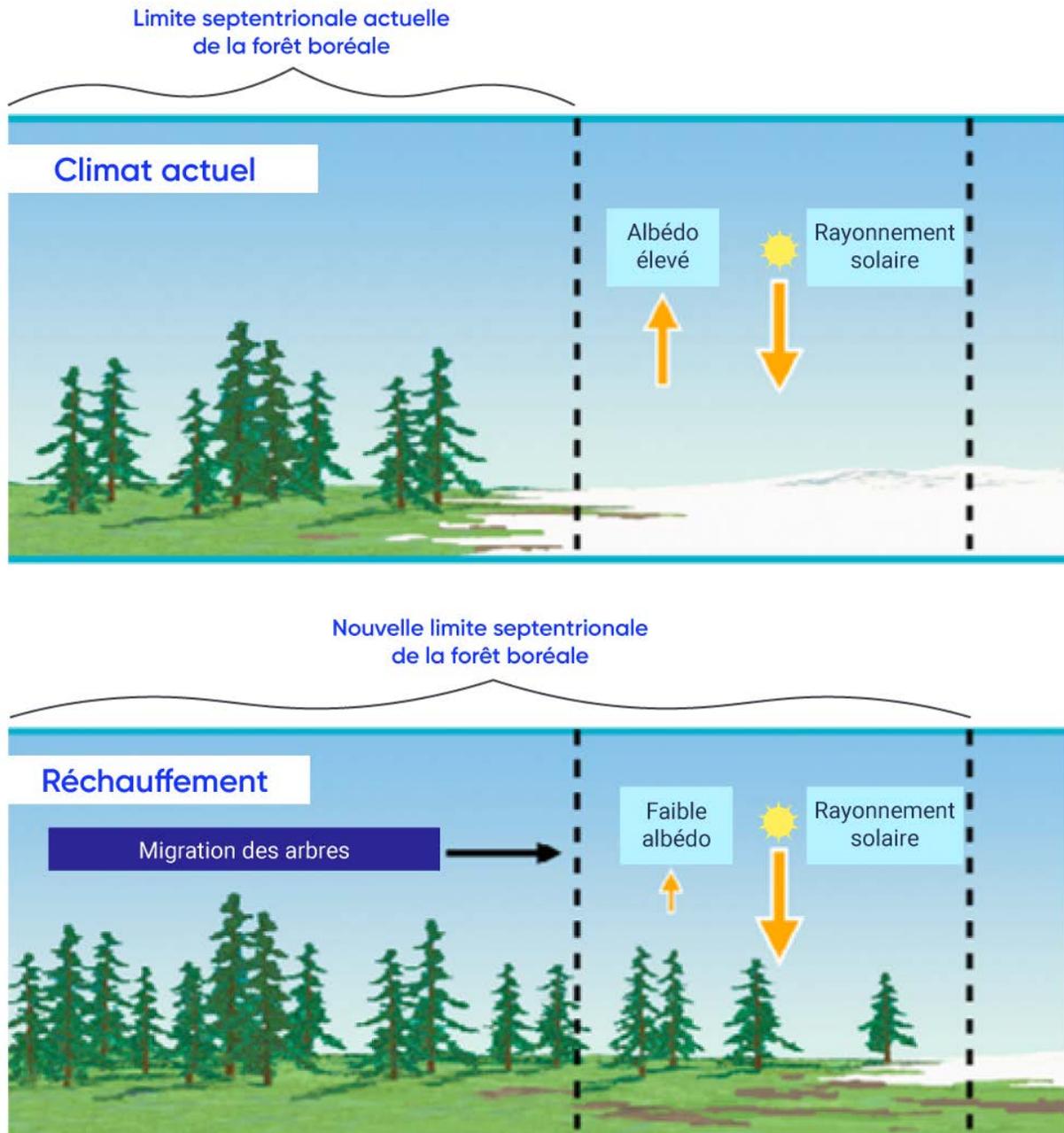


Figure 5.7 : Exemple de boucle de rétroaction positive, où la migration vers le nord de la végétation forestière en raison du réchauffement climatique réduit l'albédo de la surface terrestre, favorisant ainsi un réchauffement supplémentaire (rétroaction positive climat-écosystème). Source : Adapté de Kueppers et coll., 2007.

Les écosystèmes ne sont capables d'amortir la pression que jusqu'à un certain seuil ou point de bascule. Au-delà de ces points, des changements importants et abrupts se produisent dans la structure et la fonction des écosystèmes. Les changements de régime causés par le franchissement de seuils ont tendance à être persistants

et coûteux à inverser (si cela est même possible), et ils peuvent avoir un impact profond sur les services écosystémiques, ainsi que sur le bien-être social et économique (Leadley et coll., 2014; Folke et coll., 2004; Scheffer et coll., 2001). Une meilleure compréhension de la façon dont les changements climatiques affectent les écosystèmes et leurs services, combinée à des efforts de conservation et de maintien des écosystèmes (voir la section 5.2.4), peut contribuer à limiter les impacts négatifs associés aux conditions changeantes.

## 5.2 Les changements climatiques menacent les écosystèmes du Canada et les services qu'ils fournissent

**Les changements climatiques ont déjà une incidence sur la capacité des écosystèmes du Canada à fournir des services. Les phénomènes météorologiques extrêmes, plus particulièrement les modifications des régimes climatiques saisonniers, interagissent avec d'autres pressions exercées sur les écosystèmes et entraînent toute une série d'impacts. Ceux-ci vont continuer à s'intensifier.**

*Les changements climatiques réduisent déjà la capacité des écosystèmes à fournir des services à long terme, notamment la nourriture, l'eau, la purification de l'air et la régulation du climat. Les impacts des phénomènes météorologiques extrêmes et des changements climatiques sont et resteront particulièrement préoccupants, tant aujourd'hui que lorsqu'ils s'intensifieront à l'avenir. Le maintien, la restauration et la gestion des écosystèmes sont des stratégies essentielles pour réduire les impacts des changements climatiques sur les services qu'ils fournissent.*

### 5.2.1 Introduction

Le climat du Canada est en changement et continuera de changer. Les écosystèmes sont sensibles aux changements décrits dans le [Rapport sur le climat changeant du Canada](#) (Bush et Lemmen, 2019), notamment la hausse des températures, la modification des régimes de précipitations, l'augmentation des risques d'inondations, de sécheresse et de feux de forêt, ainsi que la disparition de la glace de mer et des glaciers. Ces changements affectent la répartition des espèces et les écosystèmes de plusieurs manières. Tout d'abord, les changements climatiques modifient la croissance des différentes espèces et le moment où se produisent les événements critiques de la vie des espèces végétales et animales, un phénomène connu sous le nom de phénologie (Körner et Basler, 2010; Yang et Rudolf, 2009). Deuxièmement, les espèces déplacent généralement leur répartition géographique vers le nord en réponse aux changements climatiques (Chen et coll., 2011), mais peuvent également se déplacer dans de multiples directions (VanDerWal et coll., 2013), modifiant ainsi la biodiversité des écosystèmes, ainsi que leur composition et leur fonctionnement (Van der Putten et coll., 2010). Troisièmement, l'augmentation de la fréquence des phénomènes

météorologiques extrêmes et des perturbations (p. ex. les vagues de chaleur, les sécheresses, les tempêtes, les incendies, les épidémies de ravageurs et de maladies) qui sont liés aux changements climatiques (Dale et coll., 2001) peut modifier la composition des espèces et le fonctionnement des écosystèmes (Weed et coll., 2013). Les perturbations de certains écosystèmes et de leurs services sont examinées plus en détail à la section 5.3.

Ces impacts liés aux changements climatiques affectent déjà la capacité des écosystèmes à fournir des services, tant de manières négatives que positive et, dans de nombreux cas, leur gravité devrait s'accroître à mesure que le climat continuera de changer au cours des années à venir (Kareiva et coll., 2012). Aux impacts des changements climatiques s'ajoutent des facteurs de stress non climatiques (p. ex. la pollution, la surexploitation et la perte d'habitat) qui réduisent la capacité des espèces et des écosystèmes à fournir des services pour le bien-être humain (Nelson et coll., 2013; Staudt et coll., 2013; Hansen et Hoffman, 2011 a).

## 5.2.2 Phénologie

Les espèces dépendent d'une série d'indices naturels pour signaler les changements dans leurs cycles de vie, que nous appelons phénologie. Certains de ces indices peuvent être affectés par un climat en changement. Par exemple, des températures plus élevées peuvent inciter les oiseaux migrateurs à arriver plus tôt que d'habitude sur les sites de reproduction, ce qui est problématique si ce dont ils se nourrissent dépend des changements saisonniers et n'est disponible que bien après leur arrivée (Møller et coll., 2008). À l'échelle mondiale, il existe des preuves solides que les impacts des changements climatiques sur la phénologie affectent déjà le moment de la migration et de la reproduction et entraînent des asynchronies entre les espèces en interaction (Cohen et coll., 2018). Nantel et coll. (2014) présentent un résumé des impacts des changements climatiques sur la phénologie observés au Canada. Citons notamment la floraison jusqu'à deux semaines plus tôt des plantes dans les parcs de l'Alberta (Beaubien et Hamann, 2011), la sortie retardée de l'hibernation des spermophiles colombiens dans les Rocheuses (Lane et coll., 2019) et l'allongement des périodes de vol automnal des papillons boréaux, jusqu'à un mois plus longue au Manitoba (Pohl et coll., 2014). Si les espèces peuvent être en mesure d'appliquer des stratégies de réponse adaptative pour faire face aux décalages phénologiques, ces solutions ne sont pas toujours idéales. Par exemple, les macareux moines des Maritimes ont commencé à manger du poisson-papillon au lieu du hareng, ce qui a donné lieu à des rapports faisant état d'une augmentation de la famine chez les juvéniles, le poisson-papillon, plus gros, étant plus difficile à ingérer (Kress et coll., 2016).

Les impacts des changements phénologiques sur l'offre de services écosystémiques n'ont pas été abondamment étudiés au Canada, mais ils pourraient être étendus et considérables. Prenons l'exemple de l'augmentation prévue de l'interaction entre les cycles de vie de la tordeuse orientale des bourgeons de l'épinette et de l'épinette noire, qui peut entraîner une perte de biodiversité et réduire potentiellement l'offre de services écosystémiques (Donnelly et coll., 2011). Un autre exemple est la façon dont les espèces, comme les ours polaires et les phoques, sont affectées négativement par la perte de la glace de mer pour la chasse et la reproduction (Stirling et Derocher, 2012). De plus, les populations de caribous pourraient diminuer en raison de la perte d'importantes quantités de fourrages de lichen dans leur habitat ou de phénomènes météorologiques extrêmes (Joly et coll., 2012; Festa-Bianchet et coll., 2011). Ces exemples pourraient

avoir un impact négatif sur les réseaux alimentaires, notamment en menaçant la sécurité alimentaire des collectivités nordiques (voir l'étude de cas 5.3; Stern et Gaden, 2015) et les loisirs de plein air dans le Nord (Hall et Saarinen, 2010), alors même que les conditions plus chaudes et la perte de glace de mer allongent la saison touristique (Stewart et coll., 2012). Il existe également des preuves que les changements climatiques perturbent les interactions entre les plantes et les pollinisateurs, notamment des études montrant des réponses complexes et inégales des pollinisateurs au réchauffement climatique (Morton et Rafferty, 2017). Les bourdons, par exemple, semblent moins capables de déplacer leurs aires de répartition vers le nord en réponse au réchauffement, ce qui entraîne un rétrécissement des aires de répartition (Kerr et coll., 2015), avec des répercussions sur les nombreuses cultures qu'ils pollinisent.

### 5.2.3 Modification des aires de répartition

Les écosystèmes et les espèces se déplacent en fonction de l'évolution des conditions climatiques. Les observations, les méta-analyses et les modèles basés sur les lieux indiquent que les changements climatiques ont déjà commencé à modifier l'aire de répartition géographique d'espèces végétales et animales sur terre et dans les systèmes marins (GIEC, 2019a, b; 2014), ce qui a des répercussions sur la composition des écosystèmes et la prestation des services écosystémiques. Les espèces mobiles sont susceptibles de se déplacer sur de plus longues distances (p. ex. les oiseaux, les pollinisateurs). Les changements dans la répartition des espèces d'arbres et la migration vers les pôles des poissons d'eau douce semblent avoir une incidence sur les lieux et les modalités de la récolte du bois et de la pêche en eau douce au Canada (Poesch et coll., 2016; Ste-Marie, 2014).

Des changements dans l'aire de répartition de diverses espèces d'arbres au Canada ont été observés, notamment des migrations vers le nord de l'érable rouge, de l'érable à sucre et du bouleau à papier (Boisvert-Marsh et coll., 2014). Il existe peu d'indices de déplacements vers le sud pour le sapin baumier, l'épinette blanche et l'épinette noire, d'après l'établissement des gaules; toutefois, cela peut être lié aux effets de perturbations naturelles ou d'origine humaine (Boisvert-Marsh et coll., 2014). En milieu nordique, des déplacements vers le nord de la limite forestière subarctique ont été observés (Rees et coll., 2020; Gamache et Payette, 2005), et l'arbustification entraîne un passage irréversible de la toundra à une zone de végétation arbustive (Fraser et coll., 2014, Hill et Henry, 2011; Myers-Smith et coll., 2011). Ces déplacements ont des répercussions sur toute une série de services écosystémiques associés aux forêts, notamment la production de bois, le stockage du carbone (voir l'encadré 5.2), les loisirs de plein air, la disponibilité de nourriture sauvage et la régulation de la qualité de l'eau. Il est probable que les changements dans l'aire de répartition des insectes forestiers (Nantel et coll., 2014) et des ravageurs agricoles (voir le chapitre « [Impacts sur les secteurs et mesures d'adaptation](#) »; Campbell et coll., 2014) aient également un impact sur ces services, mais de manière souvent imprévisible (Scheffers et coll., 2016), car la nature exacte de ces changements dans l'espace et le temps est incertaine.

De même, des déplacements de l'aire de répartition des espèces de poissons lacustres ont été observés, comme le déplacement vers le nord des espèces de crapet-soleil de 13 km par décennie pour occuper des lacs plus nordiques dans l'est du Canada (Alofs et coll., 2014). L'évolution des conditions océaniques découlant des changements climatiques a entraîné des changements géographiques importants pour

la faune marine, une tendance qui devrait se poursuivre, voire s'accélérer à l'avenir. Avec la hausse des températures océaniques, les espèces marines se déplacent déjà vers les pôles (Palacios-Abrantes et coll., 2020; Poloczanska et coll., 2016) ou vers des eaux plus profondes (Dulvy et coll., 2008) afin de rester dans leur fourchette de température de prédilection. Les mouvements peuvent être temporaires; par exemple, de plus grandes quantités de merlu du Pacifique (merlan) ont migré vers le nord dans les eaux canadiennes durant les épisodes chauds d'El Niño de 1998 et de 2015 (Berger et coll., 2017). Les déplacements sont également associés à des réponses écologiques et à des interactions modifiées du réseau alimentaire, qui augmentent l'incertitude de la productivité des stocks et la vulnérabilité des poissons à la pollution et à l'exploitation (Cheung, 2018; Cheung et coll., 2016). Ces changements de répartition peuvent simultanément entraîner la perte de poissons autochtones (p. ex. la morue arctique) et des occasions pour de nouvelles pêches (Stern et Gaden, 2015). Des tendances similaires avec des effets variables sur les espèces à valeur économique sont attendues pour d'autres régions du Canada, notamment la côte du Pacifique (Okey et coll., 2014) et les Grands Lacs (Collingsworth et coll., 2017).

Parmi les autres changements potentiels aux services écosystémiques causés par les modifications de la répartition des espèces et des écosystèmes, citons la perte de la production de baies dans l'Arctique en raison de l'arbustification (Stern et Gaden, 2015), l'expansion de l'aire de répartition des arbres (Pearson et coll., 2013), l'augmentation des risques de contracter certaines maladies (comme la maladie de Lyme) à mesure que les espèces hôtes (p. ex. la tique du cerf) étendent leur aire de répartition vers le nord (Ogden et coll., 2014; Leighton et coll., 2012), et la réduction de la diversité des pollinisateurs des cultures (Kerr et coll., 2015).

La capacité des écosystèmes et des espèces individuelles à s'adapter aux changements climatiques en déplaçant leur aire de répartition n'est toutefois pas sans limites. Les organismes sont limités dans l'éventail des environnements auxquels ils peuvent s'adapter. Beaucoup d'entre eux ont une capacité de dispersion limitée et n'ont pas toujours accès à un nouvel habitat approprié à coloniser (Lipton et coll., 2018). Dans les régions côtières, les plages, les dunes, les flèches de sable, les îles-barrières et les marais côtiers qui leur sont associés peuvent s'adapter à l'augmentation du niveau de la mer par le biais d'une migration continue vers les terres (Savard et coll., 2016). Dans certains cas, cependant, cette migration est entravée par des infrastructures (telles que des digues) ou par une élévation naturelle des terres (Pontee, 2013). Cela conduit à un rétrécissement de l'espace côtier et peut entraîner la perte de marais côtiers et d'autres écosystèmes précieux (voir l'étude de cas 5.1).

### Étude de cas 5.1 : Aborder le problème de l'élévation du niveau de la mer à Boundary Bay (C.-B.) au moyen d'une « digue vivante »

Boundary Bay, situé dans la région métropolitaine de Vancouver sur la côte ouest de la Colombie-Britannique, est un important écosystème marin qui fournit de nombreux services écosystémiques aux collectivités environnantes de Surrey, Delta et White Rock, ainsi qu'à la Première Nation de Semiahmoo. Avec ses 400 hectares de marais salés, la zone fournit un habitat à de nombreuses espèces, y compris les saumons juvéniles, et est reconnue comme étant une zone importante pour les oiseaux de la voie migratoire du Pacifique (IBA Canada, s.d.). Le marais de Boundary Bay assure également la régulation des inondations, en réduisant le niveau d'énergie des vagues qui atteignent les digues côtières installées sur environ 15 km pour protéger les collectivités environnantes et les infrastructures régionales (Carlson, 2020). Toutefois, on prévoit que, d'ici 2100, le marais salé pourrait disparaître en raison du rétrécissement de l'espace côtier (Carlson, 2020). La perte de l'habitat intertidal résulterait de la fixation de la laisse de haute mer par la digue et de la migration de la laisse de basse mer vers les terres en réponse à la hausse du niveau de la mer (Pontee, 2013). Pour éviter que cela ne se produise, la ville de Surrey, la ville de Delta et la Première Nation de Semiahmoo collaborent à l'élaboration d'une solution novatrice.

Le concept de « digue vivante », mené par West Coast Environmental Law, vise à rehausser des zones de l'habitat des marais salés en livrant progressivement des matériaux provenant de marais salés, combiné à la plantation récurrente de végétation caractéristique des marais salés (SNC-Lavalin inc., 2018). En élevant lentement le marais sur une période de 25 à 30 ans, les organismes pourront s'adapter lors de leur migration vers le sud, tandis que le marais continuera de fournir des services écosystémiques comme la protection contre les vagues (SNC-Lavalin inc., 2018). Une table ronde composée de représentants des gouvernements fédéral, provinciaux et locaux, ainsi que de Premières Nations, surveillera et évaluera en permanence les progrès de ce projet pilote (Carlson, 2020).

#### 5.2.4 Aires protégées et de conservation

Les aires protégées et de conservation constituent un élément clé de l'approche du Canada en matière d'adaptation aux changements climatiques et de réduction des émissions de GES, et sont des outils importants pour la préservation des écosystèmes et des services écosystémiques (Mitchell et coll., 2021). En offrant un habitat et un refuge à la biodiversité et en séquestrant le carbone (voir l'encadré 5.2), les aires protégées et de conservation augmentent la capacité d'adaptation et la résilience des écosystèmes dans leur ensemble, tout en préservant leur capacité à fournir des services écosystémiques. Comprendre où les services écosystémiques sont générés et où les gens en bénéficient est un autre facteur à prendre en compte lorsqu'il s'agit de préserver efficacement les services écosystémiques (Mitchell et coll., 2021).

En tant que partie à la Convention sur la diversité biologique, le Canada s'est engagé à protéger au moins 17 % des zones terrestres et des eaux intérieures, et 10 % des zones côtières et marines d'ici 2020

(Biodivcanada, 2020). En date de 2019, 12,1 % du territoire terrestre du Canada (terre et eau douce) était conservé (dont 11,4 % dans des aires protégées), et 13,8 % du territoire marin du Canada était conservé (dont 8,9 % dans des aires protégées), dépassant ainsi l'objectif initial pour les aires marines (Gouvernement du Canada, 2020).

Il existe de nombreux types d'aires protégées et de conservation, permettant différentes activités et utilisations des ressources aux niveaux national, provincial, territorial et local. En voici quelques exemples :

- Les aires protégées et de conservation autochtones (APCA) (voir l'étude de cas 5.4), qui constituent une classification élaborée dans le cadre des objectifs et cibles 2020 en matière de biodiversité pour le Canada (Biodivcanada, 2020), en réponse à l'engagement du Canada dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique. Cette classification reconnaît le leadership important des peuples autochtones dans la gestion de leurs terres, ainsi que l'importance que ces aires peuvent jouer dans la préservation de la biodiversité et la protection du patrimoine culturel.
- Les grandes aires protégées forestières nationales et provinciales, qui peuvent servir de puits de carbone importants du point de vue mondial, tout en fournissant une série de services écosystémiques (p. ex. amélioration de la qualité de l'eau et de l'air, possibilités de loisirs, refuges pour les espèces migratrices et les pollinisateurs).
- Les aires protégées et de conservation au niveau local, dont les espaces verts urbains, les parcs municipaux et les terres humides, fournissent une série de services, tels que des avantages pour la santé humaine en réduisant les impacts de la chaleur extrême liée aux changements climatiques (voir l'étude de cas 5.7 et la section 5.5.2.4).

Le réseau national d'aires protégées et de conservation tient compte de la diversité des écosystèmes et des espèces, autant que de la diversité sur le plan génétique. Par exemple, des forêts plus biodiversifiées peuvent séquestrer davantage de carbone et sont mieux équipées pour résister aux invasions et aux maladies (Bunker et coll., 2005). La connectivité des habitats est une autre question importante à prendre en compte pour les aires protégées et de conservation face aux changements climatiques, car les aires de répartition des espèces réagissent et s'adaptent aux conditions changeantes. Par exemple, l'initiative Yellowstone to Yukon Conservation (Y2Y) est un effort international visant à relier les terres conservées, et à maintenir et connecter les habitats appropriés importants pour que la faune puisse migrer et s'adapter, au besoin, dans un climat en changement (Yellowstone to Yukon Conservation Initiative, s.d.). À mesure que les habitats viables se déplacent vers le nord, il peut être nécessaire de reconsidérer les limites des parcs et des refuges afin de continuer à protéger les espèces, tout en fournissant un habitat et des services pour la nature et les personnes (Graumlich et Francis, 2010).

## 5.3 Les impacts varieront selon les écosystèmes et les régions du Canada

**Les réponses des écosystèmes aux changements climatiques varieront selon les régions du Canada. Les régions septentrionales, montagneuses et côtières sont particulièrement vulnérables aux impacts des changements climatiques sur les services écosystémiques, en raison notamment des possibilités d'adaptation limitées. Le renforcement de la capacité d'adaptation des personnes et des collectivités vivant dans ces régions est essentiel pour maintenir et préserver les services écosystémiques.**

*Les changements climatiques ont des répercussions sur les écosystèmes du Canada de différentes manières, affectant leur capacité à fournir des services aux collectivités qui en dépendent. Les réponses des écosystèmes varieront également en fonction de leur exposition et de leur sensibilité aux impacts des changements climatiques, ainsi que de leurs seuils et points de bascule particuliers. Comprendre, évaluer et cartographier les changements dans les écosystèmes, les menaces qui pèsent sur les services écosystémiques et la vulnérabilité des collectivités à ces changements peut aider à déterminer les domaines prioritaires et les possibilités d'adaptation. Il est important de renforcer la capacité d'adaptation des collectivités qui dépendent des services écosystémiques afin de maintenir leur intégrité face au climat en changement et de réduire au minimum les conséquences pour ces collectivités sur le plan de la santé humaine, du bien-être et des moyens de subsistance.*

### 5.3.1 Introduction

Les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes du Canada seront répartis de manière inégale sur l'ensemble du pays (voir la figure 5.8). Parallèlement, les réponses des écosystèmes à ces changements varieront également (Breshears et coll., 2011). En particulier, les régions septentrionales, alpines et côtières du Canada devraient connaître des transformations importantes et rapides en raison des changements climatiques (Bush et Lemmen, 2019; GIEC, 2019a; IPBES, 2018). Dans beaucoup de ces endroits, les impacts des changements climatiques surpassent la capacité des écosystèmes à amortir les effets de la variabilité, ce qui entraîne des changements dans les services écosystémiques. La gestion de ces changements mettra au défi la capacité des systèmes socioécologiques à réagir de manière adaptative.

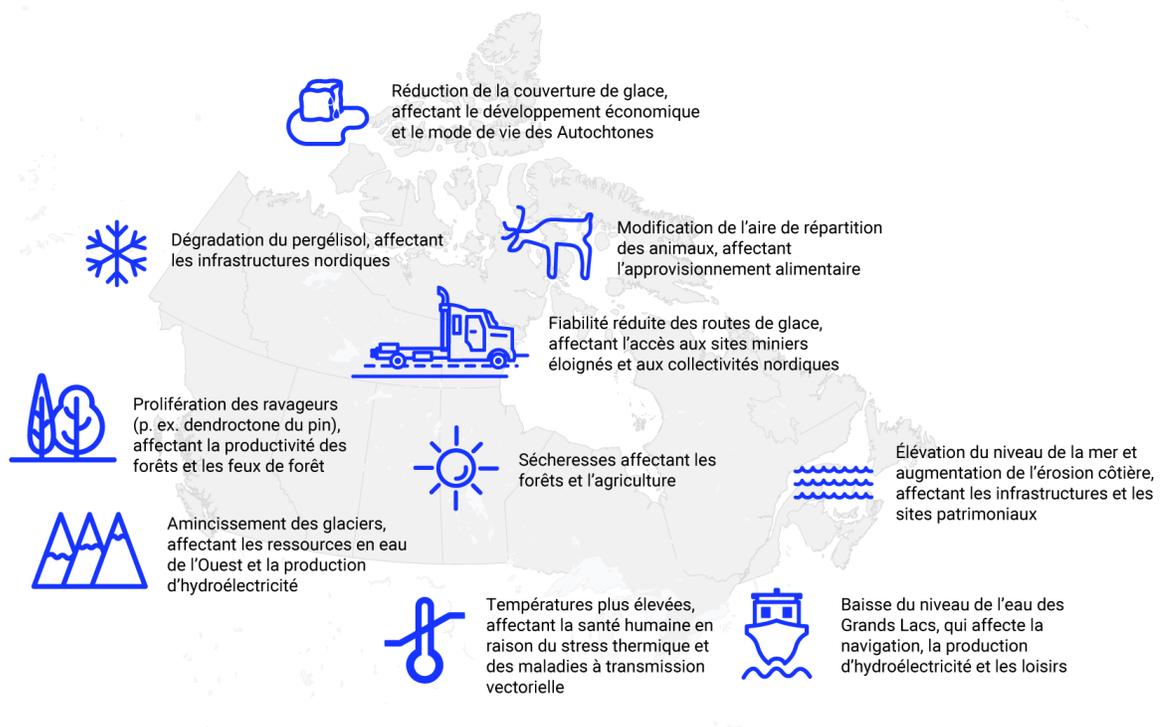


Figure 5.8 : Les changements climatiques ont des impacts dans différentes régions du Canada, dont beaucoup ont des conséquences sur les écosystèmes et sur les services écosystémiques. Source : Adapté du gouvernement du Canada, 2014.

Par ailleurs, certains segments de la population canadienne sont plus vulnérables aux changements dans les services écosystémiques en raison de leur emplacement géographique, de leur dépendance à l'égard de ces services ou de leur statut socio-économique (Pearce et coll., 2012; Ford et Pearce, 2010). En voici quelques exemples : les collectivités autochtones, les collectivités qui dépendent des ressources naturelles pour leur subsistance (voir le chapitre « [Collectivités rurales et éloignées](#) »), les collectivités situées dans les régions arctiques, alpines ou côtières, et les personnes défavorisées sur le plan socio-économique. Bien qu'elles soient généralement résilientes et capables de s'adapter, beaucoup de ces collectivités ont des ressources restreintes et un accès limité aux technologies et aux alternatives des services écosystémiques qu'elles pourraient utiliser afin de s'adapter efficacement aux changements dans les services écosystémiques à leur disposition. Il existe divers outils susceptibles de soutenir les décisions de gestion et de renforcer la capacité d'adaptation de ces collectivités, notamment en facilitant l'intégration des données biophysiques et socio-économiques dans les processus de détermination des risques (voir l'encadré 5.3).

### Encadré 5.3 : Outils pour quantifier les flux dans les écosystèmes

La quantification des flux de services écosystémiques peut s'avérer difficile en raison des nombreuses interactions et boucles de rétroaction au sein des écosystèmes, ainsi que de l'influence des frontières politiques, des lois et règlements des différentes compétences et des facteurs économiques sur les décisions de gestion et, en fin de compte, sur les résultats du point de vue écologique. De nombreuses stratégies ont vu le jour pour relever les défis de la quantification, notamment l'utilisation de frontières écologiques (comme les bassins versants), les indicateurs substitutifs, la modélisation, le recours aux avis d'experts, ainsi que l'utilisation d'outils permettant de combiner différents types de données sur les écosystèmes. Des outils et des approches d'évaluation plus complets sont recherchés, incluant un éventail d'expertises et de types de connaissances différents (Wei et coll., 2017). Les cadres d'évaluation des menaces font partie des divers outils qui peuvent aider à déterminer de quelle manière les pressions multiples intensifient les impacts des changements climatiques, et permettent de situer les secteurs à forte incidence où l'offre de services écosystémiques diminue tandis que la demande augmente (Mace et coll., 2012). Ainsi, les cartes des services écosystémiques qui incluent l'offre et la demande, ainsi que les bassins versants, les données économiques et d'autres valeurs importantes, sont des outils utiles d'aide à la décision (Haines-Young et coll., 2012; Naidoo et coll., 2008).

### 5.3.2 Les régions nordiques

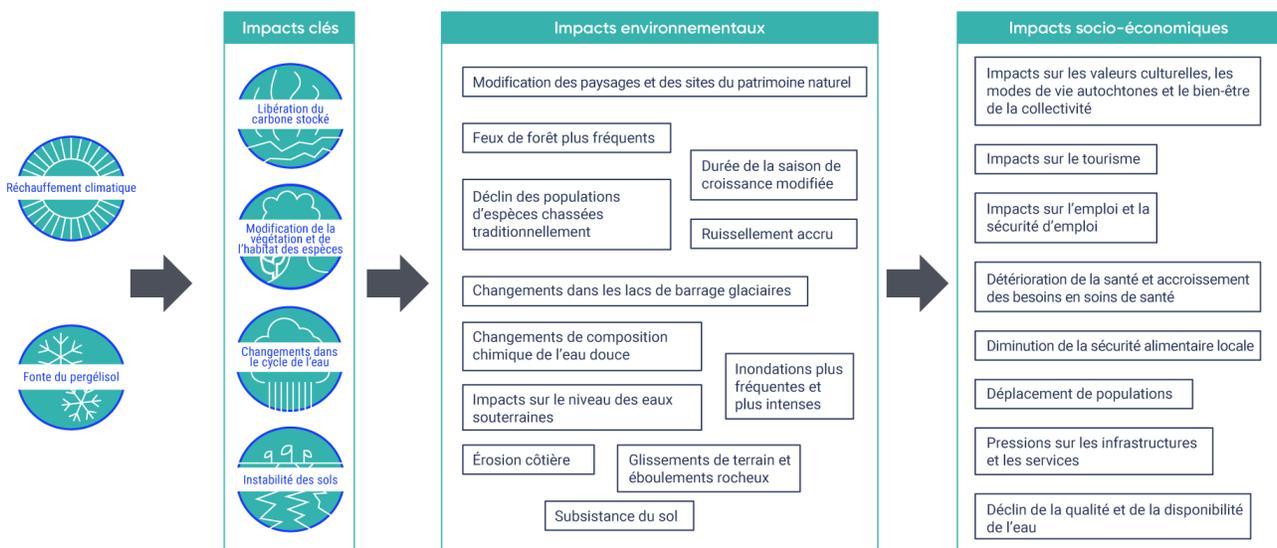
Le nord du Canada s'est réchauffé et continuera de se réchauffer à plus du double du taux mondial (Bush et Lemmen, 2019), ce qui a des répercussions sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes (Pithan et Mauritsen, 2014; Screen et Simmonds, 2010). Cette région devrait connaître une augmentation des températures et des précipitations, et une diminution des chutes de neige (Cohen et coll., 2019; Vavrus et coll., 2012; Callaghan et coll., 2011), avec des changements connexes pour le pergélisol, la glace de mer et les glaciers (Derksen et coll., 2018). Des changements rapides, vastes et importants dans les écosystèmes ont été observés et/ou sont attendus, notamment :

- la croissance accrue des arbustes (arbustification), la migration vers le nord de la végétation et la disparition de la toundra arctique (Pearson et coll., 2013; Myers-Smith et coll., 2011);
- le déplacement vers les pôles des aires de répartition des espèces et des écosystèmes, notamment des espèces animales et végétales et des écosystèmes forestiers (Kortsch et coll., 2015; Brommer et coll., 2012);
- des changements dans la couverture neigeuse, la fonte des neiges, la disponibilité et la qualité de l'eau (Evengard et coll., 2011);
- des invasions de nouvelles espèces de poissons et modifications des pêches en eau douce et des pêches en mer (Wassmann et coll., 2011);
- le déclin de la population de caribous (voir l'étude de cas 5.3; Cressman, 2020; Mallory et Boyce, 2017), lié à un accès réduit à la nourriture en raison d'une fonte des neiges plus précoce et plus rapide, de l'augmentation des cycles de gel-dégel, ainsi qu'à un harcèlement accru par les

insectes (Cressman, 2020; Johnson et coll., 2012; Hansen et coll., 2011b);

- la perte de glace de mer et des impacts négatifs sur les populations d'ours polaires et de phoques (Stirling et Derocher, 2012);
- le dégel du pergélisol, la déstabilisation des infrastructures et la libération du carbone du sol (Schuur et coll., 2015);
- des augmentations de la productivité primaire nette dans certaines zones de l'ouest des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon (Boone et coll., 2018; Stralberg et coll., 2018), avec une incidence sur la dynamique et le stockage du carbone.

Ces changements écologiques auront des effets en cascade qui affecteront un large éventail de services écosystémiques, notamment l'offre alimentaire, l'approvisionnement en eau douce et la qualité de celle-ci, la régulation du climat, la santé des collectivités et les loisirs de plein air (Stern et Gaden, 2015; Allard et coll., 2012; Kelly et Gobas, 2001). Les effets en cascade se produisent lorsqu'un danger génère une séquence d'événements secondaires dans les systèmes naturels et humains qui entraînent des perturbations physiques, naturelles, sociales ou économiques, et lorsque l'impact qui en résulte est nettement plus important que l'impact initial (GIEC, 2019b). Ces impacts sont complexes et multidimensionnels. Par exemple, le dégel prévu du pergélisol dans l'Arctique devrait affecter la répartition des plantes et des animaux, ce qui pourrait entraîner un déclin des espèces chassées et des conséquences négatives sur la sécurité alimentaire locale (voir la figure 5.9).



Remarque : Cette figure fournit des exemples d'impacts environnementaux et socio-économiques en cascade associés au réchauffement climatique et à la fonte du pergélisol, et ne prétend pas être exhaustive.

Figure 5.9 : Les impacts des changements climatiques sur le pergélisol et leurs effets en cascade sur la société et l'environnement. Source des données : GIEC, 2019b.

Les collectivités nordiques sont particulièrement vulnérables aux bouleversements des écosystèmes et aux modifications correspondantes des services écosystémiques. De nombreuses collectivités nordiques et autochtones dépendent de services d'approvisionnement pour assurer leur sécurité alimentaire, y compris le gibier, les mammifères marins, les poissons et les espèces végétales (Hoover et coll., 2016) que les changements climatiques menacent déjà (voir l'étude de cas 5.3 et le chapitre « [Collectivités rurales et éloignées](#) »; Beaumier et Ford, 2010; Wesche et Chan, 2010). Les solutions de rechange à ces sources de nourriture sont limitées et aussi extrêmement coûteuses compte tenu des frais de transport vers le Nord (Mead et coll., 2010). Par conséquent, les changements climatiques pourraient accroître l'insécurité alimentaire dans le Nord. Les loisirs de plein air, la chasse sportive et l'observation de la faune sont des composantes importantes des économies du Nord (Chanteloup, 2013); la perte d'espèces sauvages et les changements dans leur répartition pourraient rendre ces activités plus difficiles et imprévisibles, tout en menaçant les activités culturelles traditionnelles (Ford et Pearce, 2010).

En raison de leur éloignement géographique, de leurs populations de petite taille et de leur situation à proximité des limites septentrionales de l'aire de répartition de nombreuses espèces, les collectivités du Nord canadien ont tendance à disposer de moins d'options pour s'adapter aux changements climatiques, tels que les phénomènes météorologiques extrêmes, le déclin de la glace de mer et le dégel du pergélisol (avec les impacts sur les infrastructures qui en découlent), ce qui affecte leur capacité d'adaptation (Meredith et coll., 2019). Bien que les collectivités autochtones aient une grande capacité d'adaptation, leurs ressources financières et leurs capacités organisationnelles limitées peuvent restreindre davantage les options d'adaptation (voir le chapitre « Nord du Canada »; Meredith et coll., 2019).

### 5.3.3 Régions montagneuses

Les régions montagneuses du Canada sont vulnérables aux changements climatiques, notamment à l'augmentation des températures et des précipitations, à la multiplication des phénomènes météorologiques extrêmes, à la plus grande variabilité des chutes de neige (Kohler et coll., 2014; Gonzalez et coll., 2010) et à une plus grande fréquence des feux de forêt (Rocca et coll., 2014). Les espèces et les écosystèmes alpins sont considérés comme particulièrement vulnérables aux changements climatiques, car leur capacité à se déplacer vers des altitudes plus élevées et à suivre les conditions climatiques est limitée par la hauteur physique des montagnes où ils se trouvent (Rudmann-Maurer et coll., 2014). Les changements climatiques devraient entraîner des modifications de la couverture neigeuse (Würzer et coll., 2016), la disparition des glaciers de montagne (Shugar et Clague, 2018), la remontée de la limite des arbres et la disparition d'espèces et d'écosystèmes alpins (Rudmann-Maurer et coll., 2014). Par exemple, les glaciers du champ de glace Columbia, dans les Rocheuses canadiennes, ont connu des changements spectaculaires entre 1919 et 2009, perdant 22,5 % de leur superficie totale tout en reculant de plus de 1,1 km en moyenne sur cette période (Derksen et coll., 2018; Tennant et Menounos, 2013).

Ces changements devraient avoir un impact sur les principaux services écosystémiques dans ces régions. En particulier, la perte de couverture glaciaire et neigeuse dans les zones montagneuses et le dégel du pergélisol, combinés à des épisodes de pluie extrêmes, devraient entraîner une augmentation des éboulements et des coulées de boue dans certaines zones alpines (Huggel et coll., 2011). Les changements subis par les

forêts de montagne peuvent également compromettre leur capacité à se protéger contre les inondations, les coulées de débris, les glissements de terrain, les éboulements et les avalanches (Lindner et coll., 2010). En outre, l'augmentation de la fréquence des perturbations telles que les incendies, les chablis et les infestations de ravageurs affecterait le ruissellement et la qualité de l'eau (Lindner et coll., 2010). Enfin, la beauté du paysage peut être affectée par le recul des glaciers et la perte de zones enneigées pendant une grande partie de l'année, ainsi que par le changement des habitudes de loisirs, alors que de nouvelles zones touristiques apparaissent et que les gens recherchent les zones en montagne comme refuges face aux vagues de chaleur (Palomo, 2017). Par exemple, on prévoit que les Rocheuses canadiennes connaîtront une augmentation du tourisme allant jusqu'à 36 % d'ici à 2050, sous l'effet d'un temps plus chaud, mais une diminution potentielle à l'approche de 2080, car les impacts environnementaux et la disparition des glaciers réduisent le potentiel de la région pour les loisirs de plein air (Palomo, 2017).

### 5.3.4 Régions forestières

Les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers et leurs services écosystémiques varieront selon les régions forestières du Canada et seront bien souvent cumulatifs (voir le chapitre « [Impacts sur les secteurs et mesures d'adaptation](#) »). Les changements climatiques sont un facteur essentiel de perturbations progressives, telles que les infestations de ravageurs, qui influent sur la probabilité de phénomènes de perturbation immédiats, tout en affectant la structure et la composition à long terme des forêts (van Lierop et coll., 2015; Sturrock et coll., 2011; Burton, 2010). La hausse des perturbations affecte probablement aussi le stockage du carbone (voir l'encadré 5.2; Arora et coll., 2016; Kurz et coll., 2008), les loisirs et la régulation de la qualité de l'eau (Ford, 2009).

On prévoit également des risques accrus de chablis dans les forêts de l'est du Canada, en raison de la diminution de la durée du gel du sol (Saad et coll., 2017) et du déclin du tremble causé par la sécheresse en Alberta et en Saskatchewan (Michaelian et coll., 2010). Une mortalité végétale régionale massive similaire s'est produite dans le sud-ouest des États-Unis en raison de la sécheresse et d'une épidémie de scolytes en 2002–2003 (Breshears et coll., 2005). Dans ce cas, la mortalité massive des arbres a entraîné une diminution de la récolte de bois de chauffage et de pins à pignons, une dégradation de la régulation de l'érosion du sol, une modification des paysages et une réduction de la qualité des loisirs, bien qu'il ait augmenté la production de fourrage pour le bétail (Breshears et coll., 2011). Des changements similaires dans la fourniture de services écosystémiques forestiers au Canada, résultant des changements climatiques, pourraient se produire dans des régions particulières.

À court terme, les risques de feux de forêt et de sécheresse sont accrus (Boucher et coll., 2018; Boulanger et coll., 2017a), car les hausses de température devraient dépasser les effets modérateurs de l'augmentation des précipitations sur les conditions météorologiques propices aux incendies forestiers (Zhang et coll., 2019). Au Canada, la dynamique des incendies et leurs impacts sur les services écosystémiques des forêts varieront considérablement (Boulanger et coll., 2017a; Hope et coll., 2016). Cette variabilité spatiale de l'activité des incendies aura des impacts importants sur les services écosystémiques des forêts et sur les coûts de la lutte contre les incendies dans les provinces canadiennes. Par exemple, le feu de forêt de Fort McMurray de 2016 a coûté plus de 3,9 milliards de dollars (Bureau d'assurance du Canada, 2019) et a entraîné des effets à long

terme et généralisés sur les rivières de la région, avec des impacts sur la qualité de l'eau (voir le chapitre « [Ressources en eau](#) »; Emmerton et coll., 2020). Le potentiel de « méga-incendies » dans les forêts tempérées et boréales en raison des changements climatiques et de la gestion forestière (p. ex. la suppression des incendies) augmentera également en fonction des changements climatiques (Adams, 2013). Ces types de grands incendies peuvent faire passer la végétation des écosystèmes forestiers boréaux dominés par les conifères à des écosystèmes de feuillus, ou pourraient faire passer les forêts tempérées, à certains endroits, à une végétation non forestière (Boulanger et coll., 2017b). Ces seuils, s'ils étaient franchis, auraient des impacts importants sur les services écosystémiques tels que le stockage du carbone, l'approvisionnement en bois, la régulation du climat, l'approvisionnement en eau (puisque la repousse de la végétation réduit la quantité d'eau disponible) et les loisirs (voir le chapitre « [Impacts sur les secteurs et mesures d'adaptation](#) »; Mina et coll., 2017; Adams, 2013).

Différentes approches sont utilisées pour réduire les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers et les espèces, comme la réduction des risques d'incendie par une gestion active du combustible (p. ex. l'éclaircissement, l'enlèvement des débris et le brûlage dirigé) (Astrup et coll., 2018; Schroeder, 2010), la plantation d'une plus grande proportion d'espèces tolérantes au feu et de feuillus (Bernier et coll., 2016) et, dans certains cas, la mise en œuvre d'une migration assistée des espèces vulnérables et importantes (voir l'étude de cas 5.2).

## Étude de cas 5.2 : Migration assistée du pin à écorce blanche en C.-B. et en Alberta en réponse aux changements climatiques

À mesure que l'habitat approprié pour certaines espèces d'arbres se déplace vers le nord sous l'effet du climat en changement, la migration naturelle des populations d'arbres peut ne pas se produire à la vitesse requise pour que les populations restent associées aux écosystèmes dans lesquels elles ont évolué (Sáenz-Romero et coll., 2021). Cette dissociation entraîne des stress abiotiques et biotiques, tels que la sécheresse, qui conduisent à une mortalité massive des arbres (Sáenz-Romero et coll., 2021). À mesure que les changements climatiques progressent, les méthodes de conservation traditionnelles peuvent ne plus suffire à protéger les populations et de nouvelles stratégies adaptatives peuvent être nécessaires (Hällfors et coll., 2017).

La migration assistée, soit le déplacement assisté de génotypes par le biais du reboisement et de la restauration afin d'atténuer les impacts futurs des changements climatiques sur la santé et la productivité des forêts (Sáenz-Romero et coll., 2021, p. 2), est une stratégie d'adaptation émergente qui suscite de plus en plus d'intérêt dans le monde. En étendant les populations dans la direction où les changements climatiques les mèneront éventuellement, la santé des forêts et les services écosystémiques qu'elles fournissent peuvent être maintenus.

Le pin à écorce blanche (*Pinus albicaulis*) est une espèce d'arbre qui est à la base de divers écosystèmes de haute altitude et subalpins dans les régions montagneuses de la Colombie-Britannique et de l'Alberta. Son système racinaire aide à stabiliser la neige, l'humidité et le sol, et ses grosses graines riches en nutriments nourrissent une variété d'espèces d'oiseaux et de mammifères, dont le casse-noix de Clark, l'écureuil roux et

l'ours (Gouvernement de la Colombie-Britannique, 2021). Le pin à écorce blanche est inscrit sur la liste des espèces « en voie de disparition » en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* du Canada depuis 2012, en raison du déclin marqué de sa population dans la majeure partie de son aire de répartition (voir la figure 5.10). Cette situation résulte des effets combinés de facteurs tels que le dendroctone du pin, un agent pathogène introduit qui cause la rouille vésiculeuse du pin blanc (*Cronartium ribicola*) et les changements climatiques (Gouvernement du Canada, 2011). Il est estimé que le pin à écorce blanche aura largement disparu de son aire de répartition actuelle d'ici les 70 prochaines années (McLane et Aitken, 2012).

Le programme de rétablissement du pin à écorce blanche au Canada (ECCC, 2017) signale que les techniques de migration assistée pourraient devoir faire partie de l'approche utilisée pour lutter contre la perte d'habitat causée par les changements climatiques, et qu'il faut repérer des habitats propices à la croissance de l'espèce. Des essais sur le terrain ont été lancés pour évaluer la capacité de migration assistée du pin à écorce blanche dans les aires de répartition futures prévues (Sáenz-Romero et coll., 2021; McLane et Aitken, 2012). Une étude a révélé que l'établissement du pin à écorce blanche en dehors de son aire de répartition actuelle est possible, mais que certains facteurs doivent être pris en compte (Sáenz-Romero et coll., 2021), notamment le potentiel de dispersion naturelle des graines (c.-à-d. si les espèces d'oiseaux responsables de la plupart des dispersions dans l'aire de répartition actuelle de l'espèce suivront le déplacement assisté de l'aire de répartition) et le degré de soutien public pour la migration assistée en dehors de l'aire de répartition actuelle (p. ex. il peut y avoir une résistance des collectivités locales ou autochtones à l'introduction d'une espèce non indigène dans les aires proposées).

Malgré le débat en cours sur le succès à long terme ou les méthodes de migration assistée appropriées, il est généralement admis que davantage d'études sur le terrain sont nécessaires pour mieux évaluer et quantifier l'efficacité de cette approche en tant que stratégie d'adaptation aux changements climatiques à long terme (Bucharova, 2017).

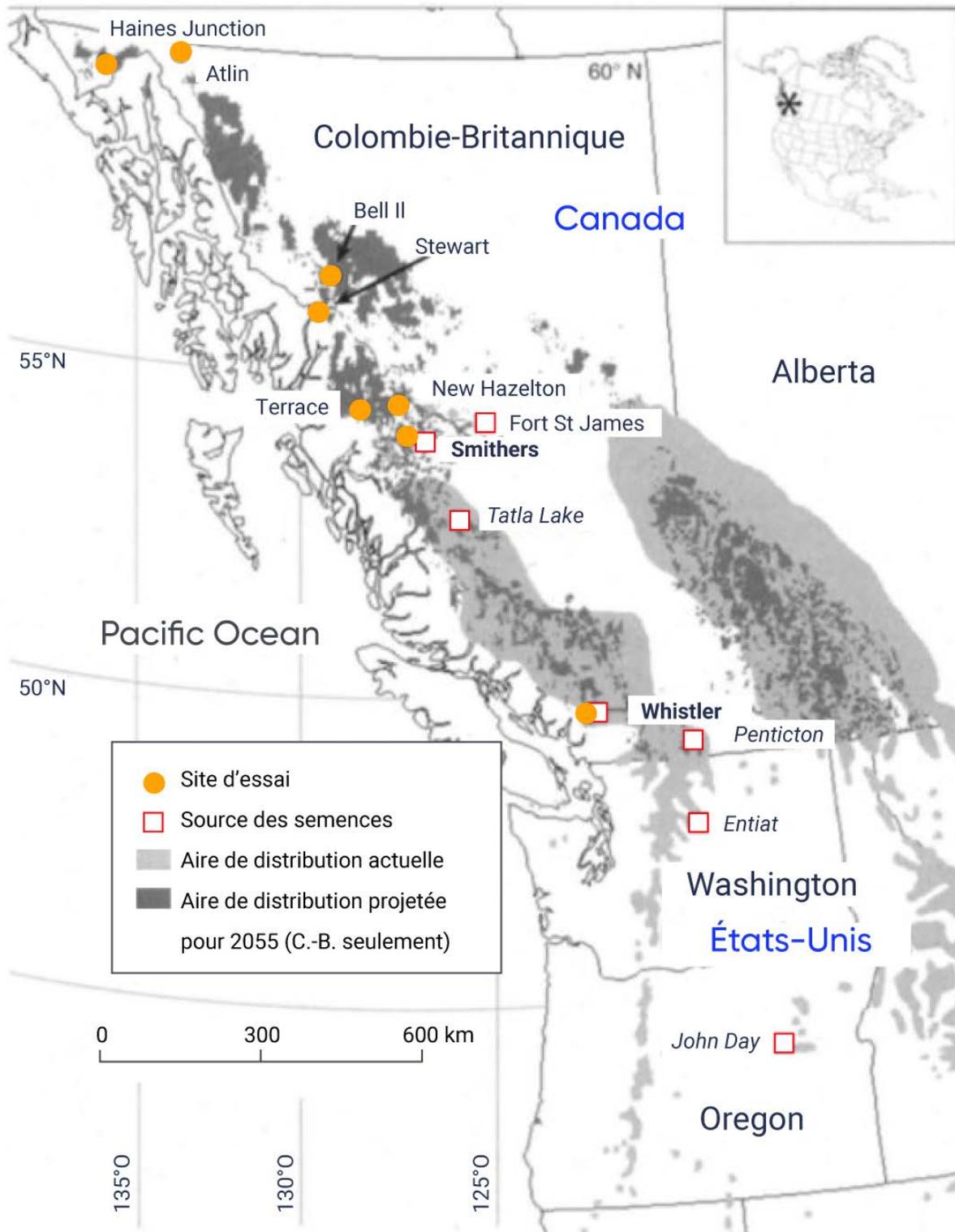


Figure 5.10 : Carte de l'aire de répartition actuelle observée et de l'aire de répartition future prévue en 2055 pour le pin à écorce blanche (*Pinus albicaulis*), ainsi que des sites d'essai de l'expérience de migration assistée. Source : Adapté de Sáenz-Romero et coll., 2021.

### 5.3.5 Régions côtières

Le Canada possède le plus long littoral du monde, mesurant plus de 240 000 kilomètres (Taylor et coll., 2014). Les régions côtières sont habitées par environ 6,5 millions de Canadiens et sont des éléments caractéristiques de notre identité nationale (Lemmen et coll., 2016), en plus d'apporter une contribution essentielle à l'économie (Association des administrations portuaires canadiennes, 2013). Compte tenu de l'importance des écosystèmes côtiers pour la protection des côtes, le contrôle de l'érosion, les pêches marines, le stockage du carbone, les loisirs et les liens entre l'habitat et la pêche (Barbier et coll., 2011), la perte et la dégradation des zones côtières sont appelées à avoir des impacts substantiels sur la fourniture des services écosystémiques de ces régions (Bernhardt et Leslie, 2013). L'ampleur des impacts sur les écosystèmes et les populations dépendra du succès des mesures d'adaptation.

Bien que les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes marins restent encore mal quantifiés (Lemmen et coll., 2016), les risques climatiques recensés au Canada comprennent des températures plus élevées et des modèles de précipitations changeants, des ondes de tempête plus intenses, des changements dans l'élévation du niveau de la mer, la diminution de la glace de mer, des changements dans l'hydrologie (y compris la fonte des glaciers) et des changements dans les propriétés de l'eau des océans (p. ex. la température, la salinité, l'acidification et l'hypoxie) (Lemmen et coll., 2016). Les impacts des changements de la glace de mer, les variations du niveau de la mer et de l'acidité des océans sont brièvement examinés dans le chapitre « [Impacts sur les secteurs et mesures d'adaptation](#) ».

L'élévation du niveau de la mer peut entraîner la réduction et la perte d'habitats côtiers importants, comme les marais salés, par un processus connu sous le nom de « rétrécissement de l'espace côtier » (Savard et coll., 2016; Hartig et coll., 2002). Cela se produit lorsque les écosystèmes sont incapables de migrer vers les terres en réponse à l'élévation du niveau de la mer en raison d'une barrière, telle qu'une digue ou une falaise (voir l'étude de cas 5.1; Atkinson et coll., 2016). Les projections des changements dans l'élévation du niveau de la mer jusqu'en 2100 fluctuent d'une élévation de près de 100 cm dans certaines régions de la côte Est et de la côte Ouest, à une baisse équivalente du niveau de la mer (c.-à-d. de près de 100 cm) dans certaines régions centrales de la côte septentrionale canadienne (Lemmen et coll., 2016), en raison de variations dans le mouvement vertical des terres (p. ex. Atkinson et coll., 2016). L'élévation du niveau de la mer entraînera des risques accrus d'inondations et, dans certains cas, menacera la viabilité des collectivités de faible altitude, en particulier lorsque les tempêtes côtières intensifieront les effets de l'élévation du niveau de la mer (Yang et coll., 2014).

Les régions de la côte Nord et de la côte Est connaissent des changements dans l'étendue, l'épaisseur et la durée de la glace de mer, avec des diminutions de l'étendue allant d'environ 2,9 % à 10 % par décennie dans le Nord et de 2,7 % par décennie depuis 1969 dans certaines zones de la côte Est (Service canadien des glaces, 2007). Les impacts sur les populations sont plus marqués dans le Nord, où les changements de la glace de mer ont rendu les déplacements plus dangereux, affecté les espèces de subsistance (voir la figure 5.11), compromis les activités de récolte traditionnelles et eu un impact sur le bien-être (Lemmen et coll., 2016). Enfin, l'acidification des océans menace les mollusques et d'autres organismes aquatiques, ce qui peut avoir des conséquences sur l'approvisionnement alimentaire provenant des activités de pêche et d'aquaculture dans les régions des côtes Est et Ouest.



Figure 5.11 : Impacts des changements de la glace de mer sur les espèces utilisées à des fins alimentaires ou autres (espèces de subsistance). Source : Ministère des Pêches et des Océans (2019).

### 5.3.6 Renforcement de la capacité d'adaptation

Le renforcement de la capacité des collectivités vulnérables à s'adapter aux changements climatiques (c.-à-d. la capacité d'adaptation) est essentiel pour faciliter l'adaptation aux modifications des services écosystémiques découlant des changements climatiques. La capacité d'adaptation peut prendre différentes formes. Les connaissances autochtones ont fourni et continueront de fournir une base importante pour l'adaptation aux changements climatiques (Pearce et coll., 2015) face aux changements des services écosystémiques (voir la section 5.4 et l'étude de cas 5.3). Des sources diversifiées de moyens de subsistance et de soutien économique, ainsi que des initiatives de planification régionale visant à conserver et à gérer collectivement les services écosystémiques augmentent également la capacité d'adaptation (voir le chapitre « [Collectivités rurales et éloignées](#) »).

Une augmentation des ressources éducatives, logistiques et financières pour soutenir la gestion et la restauration des écosystèmes clés qui fournissent des services écosystémiques contribue à améliorer la capacité d'adaptation (Keesstra et coll., 2018). Le maintien et la restauration des écosystèmes côtiers, par exemple, peuvent réduire la vulnérabilité des zones côtières aux effets des changements climatiques et à la perte ou à la réduction des services écosystémiques qui en découlent (voir l'étude de cas 5.1 et l'étude de cas 5.6). Ces mesures sont plus efficaces lorsque les risques et dangers propres aux changements climatiques

et aux services écosystémiques sont reconnus et intégrés dans des approches d'adaptation fondées sur la nature (voir la section 5.5; Wamsler et coll., 2016).

Il est également important de s'attaquer aux obstacles à la capacité d'adaptation. Des évaluations complètes de la vulnérabilité aux changements dans les services écosystémiques et de la capacité d'adaptation aux impacts futurs des changements climatiques n'ont pas été réalisées pour le Canada (p. ex. Ford et Pearce, 2010). Elles pourraient toutefois aider à déterminer les possibilités de renforcement de la capacité d'adaptation en ce qui concerne les services écosystémiques (Boyd, 2010). En particulier, la plupart des études se concentrent sur les impacts biophysiques des changements climatiques et des services écosystémiques, mais peu d'entre elles prennent en compte les aspects socio-économiques, qui sont tout aussi importants (Ford et Pearce, 2010) ou cherchent à comprendre comment intégrer ces renseignements dans les décisions de gestion (Keenan, 2015). Ce manque de données et de connaissances rendra difficile l'adaptation des collectivités vulnérables aux impacts des changements climatiques sur les services écosystémiques, alors que leurs ressources et leur accès à l'information sont souvent limités.

## 5.4 Les connaissances autochtones sont essentielles au maintien des écosystèmes

**Les connaissances autochtones sont essentielles au maintien des écosystèmes et des services écosystémiques qu'ils fournissent dans un climat en changement. Les systèmes de connaissances autochtones englobent différents points de vue pour mieux saisir la complexité de l'environnement et proposent des stratégies pour réduire les changements environnementaux, le gérer et s'y adapter d'une manière globale et adaptée au milieu.**

*Les peuples autochtones jouent un rôle de plus en plus important dans la lutte contre les changements climatiques et la dégradation de l'environnement. En raison de leur lien étroit avec la nature et la terre, les peuples autochtones sont très attentifs et souvent directement touchés par les modifications des écosystèmes et des services qu'ils offrent, lesquels peuvent avoir des liens importants avec leur culture et leur identité. Les futures pratiques de gestion de l'utilisation des terres peuvent être mieux orientées par les connaissances autochtones de manière à optimiser les avantages écologiques, culturels et économiques sur leurs territoires traditionnels et ailleurs.*

### 5.4.1 Introduction

Depuis des millénaires, les peuples autochtones du Canada, dont les Premières Nations, les Inuits et les Métis, jouent un rôle de premier plan dans la protection et la conservation de leurs territoires traditionnels et de leurs terres natales. Aujourd'hui, cela se poursuit grâce au travail des protecteurs de l'eau et gardiens

autochtones et de nombreuses autres initiatives dirigées par des Autochtones pour défendre la résilience et l'harmonie avec mère Nature. Les peuples autochtones entretiennent des liens culturels et spirituels forts avec la terre et l'eau, et ont une longue histoire d'adaptation aux changements sociaux et environnementaux. Ils ont souvent pu résider pendant des millénaires sur leurs territoires grâce à l'apprentissage et à la mise en commun de connaissances adaptatives (Houde, 2007) et, dans de nombreux cas, cela a conduit à une augmentation de la biodiversité locale (Harlan, 1995; Blackburn et Anderson, 1993). Par exemple, une étude récente a révélé que les terres gérées par les Autochtones au Canada présentent des niveaux de biodiversité des vertébrés légèrement supérieurs à ceux des aires protégées, tout en abritant un plus grand nombre d'espèces de vertébrés menacés (Schuster et coll., 2019). Les partenariats entre les collectivités autochtones et d'autres organismes gouvernementaux pourraient renforcer les efforts de préservation de la biodiversité.

Cependant, le découplage des modes de vie autochtones d'avec les terres traditionnelles et la dégradation de l'environnement peuvent finir par éroder les pratiques culturelles, la langue et les connaissances écologiques locales, compromettant ainsi la pérennité des systèmes culturels et environnementaux. Dans le monde comme au Canada, des proportions importantes de populations autochtones vivent dans des régions particulièrement vulnérables aux impacts des changements climatiques, comme les zones côtières, les lieux de faible altitude et les terres sujettes aux inondations. Les populations autochtones ont également tendance à pratiquer des modes de subsistance basés sur les ressources et à dépendre de la terre comme source de nourriture, de remèdes traditionnels et d'identité. Par ailleurs, elles continuent à vivre avec les conséquences de la colonisation et des traumatismes historiques. Les changements climatiques exacerbent souvent ces circonstances préexistantes (Pearce et coll., 2015; Berrang-Ford et coll., 2012; Nakashima et coll., 2012).

## 5.4.2 Les principes d'apprentissage autochtones

Il serait faux de présumer qu'une liste de traits culturels communs permet de décrire la richesse et la diversité des peuples autochtones. Au Canada, il existe une grande variété de nations, de coutumes, de traditions, de langues et de visions du monde. Néanmoins, il existe des similitudes entre les systèmes de connaissances autochtones (principes d'apprentissage). Ceux-ci peuvent être définis comme étant une connaissance approfondie du lieu, accumulée sur de longues périodes et jumelée à un cadre permettant de concevoir la complexité.

Les connaissances autochtones ont été décrites comme étant les processus qui explorent la façon dont les éléments constitutifs d'un système sont interreliés, comment les systèmes auxquels ils appartiennent évoluent dans le temps et comment ils sont intégrés à des systèmes plus vastes (Berkes, 1998). Il s'agit d'un ensemble cumulatif de connaissances, de pratiques et de valeurs, acquises par l'expérience, par des observations sur le terrain ou par les enseignements spirituels, et transmis de génération en génération (Noongwook et coll., 2007; Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, 2005; Cruikshank, 1998; Huntington, 1998). Il peut s'agir de comprendre les interrelations entre les espèces, leurs relations au sein de l'environnement biophysique, ainsi que les répartitions spatiales et les tendances historiques des structures spatiales et des profils de population. Cette forme de connaissance évolue sur de longues périodes et implique un apprentissage constant par la pratique, l'expérimentation et la consolidation des connaissances (Houde, 2007; Neis et coll., 1999; Nickels, 1999; Duerden et Kuhn, 1998; Ferguson et Messier, 1997; Mailhot,

1993; Freeman, 1992; Johnson, 1992a, b). Les connaissances autochtones offrent un éclairage sur divers éléments, par exemple :

- comprendre l'état et l'évolution des fonctions des services écosystémiques dans les territoires traditionnels, ce qui permet de mesurer l'intégrité et la résilience écologiques;
- fournir des signaux avant-coureurs de facteurs de stress environnementaux (p. ex. des changements parmi les espèces végétales ou animales), y compris les impacts des changements climatiques (Olsson et coll., 2004);
- créer une image élargie et multidimensionnelle de l'adaptation liée à des concepts tels que la flexibilité (p. ex. la réponse aux changements des cycles saisonniers de récolte et d'utilisation des ressources), l'évitement des dangers (à partir d'une connaissance détaillée de l'environnement local et de la compréhension des processus écosystémiques) et la préparation aux situations d'urgence (p. ex. savoir comment réagir lors d'une situation d'urgence) (Pearce et coll., 2015).

La prise de conscience grandissante que de nombreuses politiques de gestion ne tiennent pas compte de la complexité des écosystèmes ou des contextes locaux a fait naître un besoin pour de nouveaux processus adaptatifs afin de faire face au changement (Houde, 2007; Gunderson, 1999; Holling et Meffe, 1996). Les connaissances autochtones permettent de cerner quelles sont les répercussions sur les moyens de subsistance, les cultures et les modes de vie, et de dégager des renseignements concernant les stratégies d'adaptation localement appropriées et culturellement pertinentes (voir l'étude de cas 5.3 et le chapitre « [Collectivités rurales et éloignées](#) »; Pearce et coll., 2015; Ford et Pearce, 2012; Pearce et coll., 2011) en construisant des données quantitatives et qualitatives à partir d'un grand nombre de variables (Berkes et Berkes, 2008). La reconnaissance du fait que les systèmes de connaissances autochtones diffèrent des connaissances non autochtones et qu'ils jouent un rôle égal dans l'élaboration des politiques, des programmes et de la prise de décision donne des résultats plus riches et plus équilibrés pour ce qui est du maintien des écosystèmes et de leurs services, desquels dépendent de nombreuses collectivités autochtones.

### **Étude de cas 5.3 : Préserver la culture Tłıchǫ face au déclin des populations de caribous de la toundra**

Le peuple Tłıchǫ tente de renforcer sa résilience face aux impacts des changements climatiques sur ses terres et sa culture. Le peuple Tłıchǫ, dont le territoire traditionnel se trouve dans les Territoires du Nord-Ouest, a été témoin des effets dramatiques des changements climatiques sur l'animal le plus important pour lui sur le plan culturel et social, l'ekwò ou caribou de la toundra (également appelé caribou de Bathurst). Le peuple Tłıchǫ dépend du troupeau de caribous non seulement pour se nourrir, mais aussi pour se vêtir et s'équiper (voir la figure 5.12 et la figure 5.13). Cette espèce clé de voûte, située au centre de la culture Tłıchǫ, connaît un déclin rapide et les changements climatiques y sont pour beaucoup (Cressman, 2020; Mallory et Boyce, 2017). La fonte des neiges plus précoce et plus rapide et l'augmentation des cycles de gel-dégel

tout au long de l'année ont entraîné une pénurie de nourriture et une augmentation du harcèlement par les insectes, ce qui a aggravé le stress du troupeau et entraîné une augmentation des cas de famine et de mortalité des veaux (Cressman, 2020; Johnson et coll., 2012; Hansen et coll., 2011b).

Les relevés de population de caribous révèlent que le troupeau de la toundra est en forte baisse depuis des décennies, étant passé de 472 000 individus en 1986 à seulement 8 200 en 2018 (Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, s.d.). Pour protéger le caribou des toundras et, par ricochet, la culture Tłı̨chǫ, le gouvernement Tłı̨chǫ et le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest ont imposé une interdiction de chasse au caribou de la toundra en 2015, laquelle est toujours en vigueur à ce jour. En raison du déclin des populations de caribous, les Tłı̨chǫ se rendent moins fréquemment sur les terres de la toundra, où ils transmettent des connaissances traditionnelles, apprennent la langue et chassent en famille (Galloway et Arvidson, 2020). La disparition totale du caribou présente des risques encore plus grands pour une partie de l'identité et de la culture des Tłı̨chǫ. Il est important pour ces collectivités de pouvoir s'adapter à ces changements et d'être soutenues dans leurs démarches d'adaptation.

Le gouvernement Tłı̨chǫ, avec le soutien de Services aux Autochtones Canada, a lancé le programme Tłı̨chǫ Dǫtaàts'eedı (« partager la nourriture entre les gens ») en 2018 dans les quatre collectivités Tłı̨chǫ. Le programme jumelle de jeunes adultes avec des personnes ayant de l'expérience dans le domaine de la pêche, de la chasse, du piégeage, de la chasse au collet et de la cueillette de baies. La nourriture récoltée est rapportée à la collectivité et les jeunes la distribuent aux aînés. Le programme s'attaque non seulement aux impacts des changements climatiques, mais il le fait aussi d'une manière qui renforce la sécurité alimentaire de même que les valeurs et la culture Tłı̨chǫ (Cressman, 2020). Les jeunes qui participent au programme passent du temps sur le territoire à acquérir des compétences traditionnelles, et ils fournissent des services à leurs collectivités, tout en interagissant avec les aînés. Lorsque le programme Tłı̨chǫ Dǫtaàts'eedı prendra fin en mars 2021, plus de 100 jeunes et 60 récoltants auront collectivement distribué environ 4 000 kg de poisson et de viande aux aînés de la collectivité. Le programme permet aux collectivités de s'adapter aux impacts des changements climatiques par le transfert des connaissances culturelles, le travail de pair avec la nature, l'utilisation des compétences traditionnelles et l'autonomisation des jeunes (Cressman, 2020).



Figure 5.12 : Un aîné de Wekweèti apprend à un jeune membre de la collectivité à gratter et tanner des peaux de caribou. Les peaux sont trempées et étirées sur une planche avant d'être grattées à l'aide d'un k'edze, un outil fabriqué à partir de l'os de la patte inférieure d'un caribou. La photo est une gracieuse tété de Vanita Zoe.



Figure 5.13 : Divers vêtements et outils fabriqués à partir de caribou tanné par des artisans de Wekweètì. La photo est une gracieuseté de Pat Kane..

### 5.4.3 Cogestion des ressources naturelles et gestion des ressources naturelles par les Autochtones

Les ententes de cogestion conçues pour impliquer les peuples autochtones dès les premières étapes stratégiques de la planification permettent une prise de décision globale et améliorée, ainsi que l'autonomisation des Autochtones par rapport aux activités qui se déroulent sur leurs terres (Houde, 2007). Cela peut nécessiter des cadres juridiques souples permettant la conclusion d'ententes de cogestion qui évoluent et s'adaptent au fil du temps, à mesure que la confiance s'installe entre les partenaires (Houde, 2007). La propriété et le contrôle des connaissances autochtones par les Autochtones doivent être respectés. La reconnaissance des droits fondamentaux des détenteurs de connaissances autochtones inclut le partage des avantages financiers découlant de l'utilisation de ces connaissances (Mauro et Hardison, 2000).

La coproduction de connaissances, c'est-à-dire l'apport de sources de connaissances multiples et de capacités de cocréation de connaissances, nécessite que les partenaires soient ouverts d'esprit et disposés à faire preuve d'humilité (Moller et coll., 2009b). Il est également important de reconnaître qu'il y a des limites à ce en quoi les systèmes de connaissances scientifiques et autochtones peuvent être combinés. Étant donné qu'elles sont fondées sur des méthodologies et des visions du monde différentes, il faut veiller à ce que les connaissances ne soient pas mélangées ou extraites de leur contexte culturel afin qu'elles conservent leur intégrité propre (Moller et coll., 2009a; Parlee et coll., 2005; Davidson-Hunt et Berkes, 2003). Un système de

connaissances n'a pas besoin qu'un autre le corrobore pour qu'il soit perçu comme valide (Cercle autochtone d'experts, 2018).

La réponse du Canada à la Convention sur la diversité biologique (Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1995) fournit des conseils sur l'application des connaissances autochtones par le biais d'un code de conduite éthique, qui conseille de :

- respecter, préserver et maintenir les connaissances, les innovations et les pratiques des collectivités autochtones et locales, qui incarnent des modes de vie traditionnels pertinents pour la conservation de la diversité biologique et l'utilisation durable des ressources naturelles;
- promouvoir une application plus large des connaissances autochtones avec l'approbation et la participation des détenteurs de ces connaissances;
- encourager le partage équitable des bénéfices qui découlent de l'utilisation de ces connaissances.

Les peuples autochtones du Canada jouent un rôle important en faisant preuve de leadership en matière de mesures pour le climat, d'intendance et de préservation des services écosystémiques. Cela se traduit par des efforts visant à préserver les puits de carbone et à élaborer des solutions d'adaptation, notamment des approches fondées sur la nature, ainsi que la mise en place et la gestion d'aires protégées et de conservation autochtones (voir l'étude de cas 5.4) et la mise en œuvre de technologies et d'approches novatrices en matière de réduction des émissions de GES.

### **Étude de cas 5.4 : Maintien des écosystèmes et de leurs services grâce aux aires protégées et de conservation autochtones**

Les aires protégées et de conservation autochtones (APCA) désignent les terres et les eaux où les gouvernements autochtones assument le rôle principal dans la conservation et le maintien des écosystèmes par le biais des lois, de la gouvernance et des systèmes de connaissances autochtones (voir la figure 5.14; Cercle autochtone d'experts, 2018). Ces lois et ces systèmes visent à soutenir les écosystèmes et la biodiversité tout en préservant les droits des Autochtones, notamment le droit d'exercer un consentement préalable, donné librement et en connaissance de cause. Les parcs tribaux, les paysages culturels autochtones, les aires protégées autochtones et les aires de conservation autochtones sont des exemples d'APCA.

La nécessité de restaurer le territoire et la culture est souvent une composante importante des APCA. Les peuples autochtones commencent à réclamer la restauration des terres qui ont été lourdement touchées par le développement industriel et la dégradation causée par les activités humaines. Partant du principe que les personnes, leur culture et leurs terres sont inséparables, des zones de restauration prioritaires sont définies pour la faune sauvage, ainsi que pour les valeurs culturelles dégradées. Les APCA peuvent également constituer des lieux sûrs et accueillants où les gens peuvent reprendre des forces et guérir d'un héritage de traumatismes intergénérationnels et du stress permanent causé par la perte biologique et culturelle, tout en approfondissant leur relation avec la terre et leur compréhension de celle-ci.

Le modèle des APCA est ancré dans l'exercice des droits autochtones reconnus par la Constitution, conformément aux lois autochtones. Le fait d'exercer un pouvoir sur la façon dont ces terres sont gérées, restaurées et protégées est conforme à l'article 35 de la Constitution du Canada, ainsi qu'aux déclarations internationales que le Canada s'est engagé à soutenir, comme la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones, et qui garantissent un espace où les collectivités peuvent pratiquer leur mode de vie autochtone. Le modèle est également conforme au Cadre stratégique fédéral pour l'adaptation du gouvernement du Canada, qui favorise la prise en compte des connaissances autochtones dans le processus décisionnel.

Les APCA peuvent également offrir des avantages importants aux Canadiens. L'augmentation du nombre d'aires protégées et de conservation au Canada et de leur étendue a des répercussions positives sur la biodiversité et les écosystèmes, ce qui contribue à protéger les services écosystémiques importants dont dépendent de nombreuses collectivités. Cependant, il reste beaucoup à faire pour que les APCA constituent une option viable pour protéger les zones naturelles et les mettre à l'abri des pressions liées au développement.

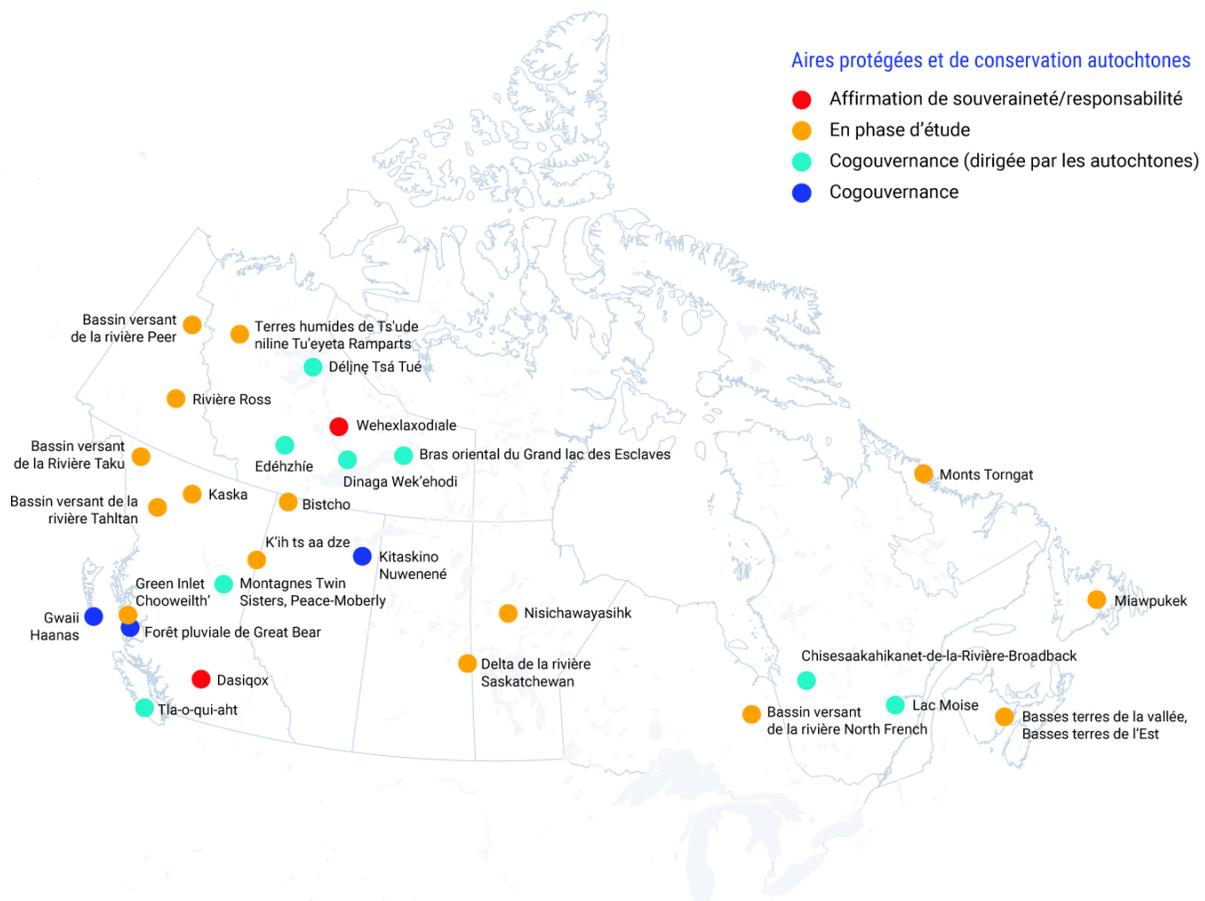


Figure 5.14 : Carte du Canada indiquant l'emplacement des aires protégées et de conservation autochtones existantes et projetées (notez que la carte n'est pas complète et que certaines aires sont manquantes ou contestées). Source : Adapté de la Fondation David Suzuki.

## 5.5 Les approches d'adaptation fondées sur la nature maximisent les avantages

**Les approches d'adaptation fondées sur la nature réduisent les risques liés aux changements climatiques pour les collectivités et sont souvent plus rentables et souples que les solutions techniques. Elles offrent également de nombreux avantages connexes du point de vue social, environnemental et économique, et contribuent à renforcer la capacité d'adaptation des collectivités.**

*Au Canada, les approches fondées sur la nature pour l'adaptation aux changements climatiques suscitent un intérêt croissant. Les approches fondées sur la nature visant à faire face aux impacts des changements climatiques, telles que la restauration des marais, l'aménagement à faible impact du littoral et les forêts urbaines, sont très variées et offrent généralement des avantages considérables par rapport aux options d'adaptation techniques. De telles approches offrent une souplesse intégrée qui permet de tenir compte d'un plus grand degré d'incertitude quant aux conditions climatiques et environnementales futures, et il a été démontré qu'ils proposent une grande variété de retombées positives du point de vue social, environnemental et économique, maximisant ainsi le rendement global sur le capital investi. En outre, les approches fondées sur la nature contribuent à renforcer la capacité d'adaptation des collectivités auxquelles elles sont destinées, tout en réduisant les risques liés aux changements climatiques.*

### 5.5.1 Introduction

Les écosystèmes et les approches d'adaptation fondées sur la nature peuvent jouer un rôle important dans la réduction des risques liés aux changements climatiques pour les collectivités en fournissant une capacité tampon, en renforçant la capacité d'adaptation de la société et des systèmes socioécologiques et en contribuant aux efforts de réduction des émissions de GES grâce au stockage du carbone (voir l'encadré 5.2). Cependant, le potentiel et les limites des approches d'adaptation fondées sur la nature ne sont généralement pas bien compris ou quantifiés (Malhi et coll., 2020).

### 5.5.2 Approches d'adaptation fondées sur la nature

Dans le contexte de la présente section, l'expression « approches fondées sur la nature » est utilisée en tant qu'expression terme générique pour désigner l'ensemble des approches d'adaptation qui sont en fonction des systèmes naturels, notamment les solutions fondées sur la nature, les infrastructures naturelles, les approches fondées sur les écosystèmes, la gestion des actifs naturels et les aires protégées. Ces approches reposent sur le fait que des écosystèmes sains, qu'ils soient naturels ou gérés, fournissent un large éventail de services qui profitent aux activités, à la santé et au bien-être des personnes. Elles favorisent également une certaine souplesse et l'apprentissage, ce qui est important lorsqu'on aborde l'incertitude et la complexité dans la prise de décision. Les approches d'adaptation fondées sur la nature constituent un domaine d'intérêt en pleine expansion au Canada et sont de plus en plus reconnues à l'échelle internationale. Des organisations

économiques et environnementales de premier plan, dont l'IPBES, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la Commission mondiale sur l'adaptation, les Nations unies et le Forum économique mondial, ne sont que quelques-uns des groupes qui ont avalisé cette approche.

Les approches fondées sur la nature englobent les stratégies qui intègrent la gestion des terres, de l'eau et des ressources vivantes (Convention sur la diversité biologique, 2020). De telles approches permettent aux décideurs de gérer les avantages multiples et de renforcer la résilience au changement en considérant les écosystèmes dans leur ensemble. Par exemple, la gestion des forêts pour la seule production de bois générerait des résultats différents que si elle était également axée sur la biodiversité et les espèces en péril, tout en tenant compte de l'érosion et de la séquestration du carbone. De même, une approche fondée sur la nature pour les produits de la mer à valeur commerciale tient compte de l'éventail des interactions au sein des écosystèmes côtiers et entre eux.

De multiples avantages peuvent être tirés de l'utilisation d'approches fondées sur la nature, tant pour l'adaptation aux changements climatiques que pour la réduction des émissions de GES, notamment (voir la figure 5.15; IIDD, 2019; Raymond et. coll., 2017) :

- la réduction des impacts des inondations;
- la protection contre les ondes de tempête et les marées salines;
- la fourniture d'un habitat et la préservation de la biodiversité;
- la séquestration du carbone;
- la protection contre l'érosion;
- l'atténuation de la sécheresse;
- la régulation du débit de l'eau et de l'approvisionnement en eau;
- l'amélioration de l'attractivité des lieux;
- l'amélioration de la santé, du bien-être et de la qualité de vie;
- la création d'emplois verts.

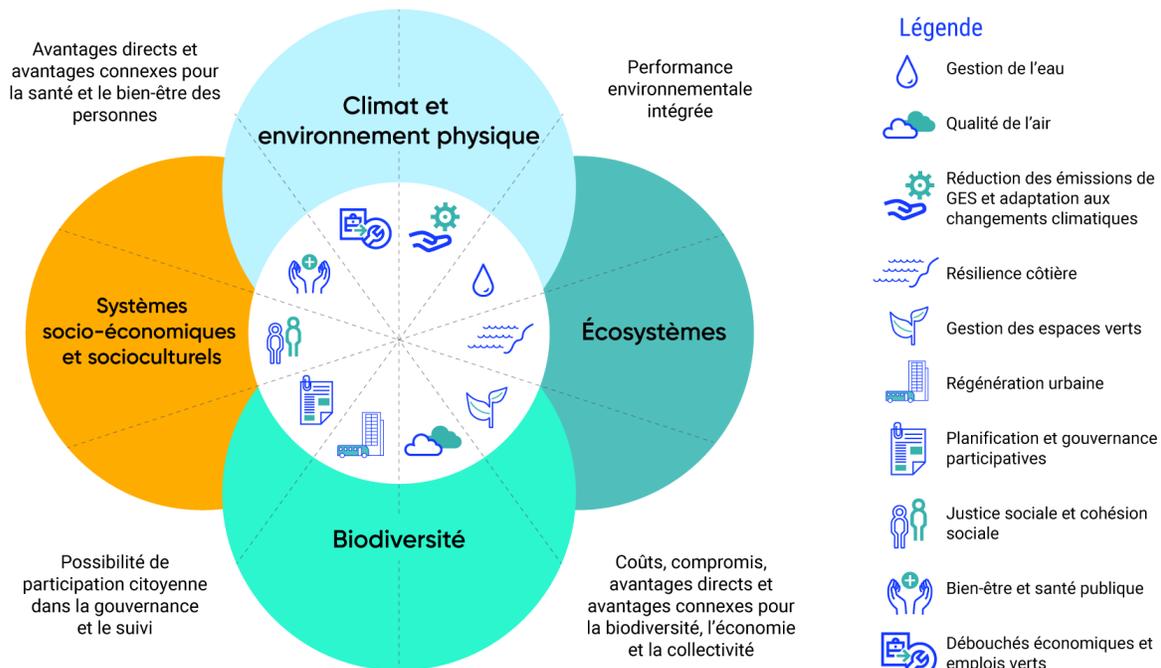


Figure 5.15 : Cadre utilisé par Raymond et coll. (2017) pour l'évaluation des avantages connexes des approches fondées sur la nature. Source : Adapté de Raymond et coll., 2017.

Le rôle des approches fondées sur la nature évolue rapidement, à mesure que l'intérêt pour ces approches et la base de connaissances augmentent. Cette section aborde différents types d'approches fondées sur la nature et comprend une série d'études de cas décrivant ces approches dans la pratique. Les évaluations futures s'appuieront sur un ensemble plus solide de connaissances existantes et aborderont le sujet plus en détail.

### 5.5.2.1 Restauration de marais en réponse à l'élévation du niveau de la mer

La restauration des zones riveraines et des tampons fluviaux favorise l'infiltration de l'eau, réduit l'érosion et régule la disponibilité de l'eau tout au long de la saison. Les municipalités sont de plus en plus nombreuses à acquérir et à restaurer des terrains dans les plaines inondables (voir l'étude de cas 5.5), ainsi qu'à restreindre le développement en zones inondables par la réglementation des assurances (p. ex. à Montréal). Par exemple, le marais de Tantramar, près de Sackville (N.-B.), est une zone importante sur le plan écologique et culturel qui est menacée par l'élévation du niveau de la mer et l'augmentation des inondations intérieures (Wilson et coll., 2012). Des infrastructures traditionnelles sont installées sous forme de digues pour atténuer les inondations, parallèlement à la restauration des marais salés, ce qui constitue une approche d'adaptation fondée sur la nature. Les marais salés restaurés peuvent offrir une protection flexible contre certains impacts des changements climatiques (voir l'étude de cas 5.1 et l'étude de cas 5.5; van Proosdij et coll., 2016).

En plus de répondre aux préoccupations relatives au niveau de l'eau, les marais salés offrent un habitat aux oiseaux et aux espèces marines, piègent les sédiments et distribuent des nutriments aux principales espèces côtières (Deegan et coll., 2012). Reconnaissant le rôle important des terres humides dans la lutte contre les changements climatiques et leurs impacts, 1,8 million de dollars provenant du Fonds pour la restauration côtière du gouvernement fédéral de 75 millions de dollars a été versé en 2018 pour la poursuite de la restauration des terres humides et des marais sur 75 hectares dans la baie de Fundy, au Nouveau-Brunswick.

### **Étude de cas 5.5 : Restauration des marais côtiers et de leurs services écosystémiques à Truro (Nouvelle-Écosse)**

Les marais côtiers constituent la première ligne de défense lors des tempêtes violentes; toutefois, le développement des côtes de la Nouvelle-Écosse a entraîné la perte de près de 85 % des marais côtiers (Hanson et Calkins, 1996). Dans la partie supérieure de la baie de Fundy (la zone où l'amplitude des marées est la plus importante au monde), l'élévation prévue du niveau de la mer, dans le cadre d'un scénario à fortes émissions, est de près de 1,2 m d'ici 2100 (Greenberg et coll., 2012). Une grande partie de la perte de terres humides peut être attribuée aux mesures de protection côtière dures (telles que les digues, les bermes et le blindage du littoral), qui commencent déjà à ne plus fonctionner face aux ondes de tempête actuelles et à l'élévation du niveau de la mer (Sherren et coll., 2019).

Truro, en Nouvelle-Écosse, est une ville de 12 000 habitants, située sur la plaine inondable de la rivière Salmon qui se jette dans la baie de Fundy, et fait partie d'un vaste réseau de digues le long de la rivière Salmon. À l'origine, ces digues ont été construites pour protéger les terres agricoles des inondations. Cependant, en raison de l'augmentation du développement au fil des ans, ils protègent désormais également des infrastructures résidentielles, commerciales et de transport (Sherren et coll., 2019). La confluence de la rivière Salmon et de la rivière North crée des schémas complexes de mouvement des eaux, de sédiments et de glace dans la région, ce qui rend ce site très difficile à gérer et entraîne des coûts d'entretien élevés pour les infrastructures des digues et des aboiteaux (Sherren et coll., 2019). Bien que Truro connaisse des inondations fréquentes et graves en raison des effets combinés de l'accumulation des eaux de pluie, des marées hautes et des embâcles, une inondation en particulier aura causé des dommages considérables. En effet, l'inondation de 2012 a ouvert des brèches dans une digue à plusieurs endroits, ce qui a entraîné des dommages importants aux infrastructures. La province de la Nouvelle-Écosse a effectué des réparations d'urgence sur la digue, mais on s'inquiète de l'entretien et de la fiabilité à long terme du système de digues (Cottar, 2019).

Afin d'assurer la protection à long terme de la collectivité et de maintenir l'écosystème côtier, un comité consultatif mixte sur les inondations, composé de représentants du comté de Colchester, de la ville de Truro, de la Première Nation de Millbrook, des ministères provinciaux et du public, a été formé. Le comité a commandé une étude complète des risques d'inondation à Truro, laquelle a recommandé plusieurs options en vue de réduire les risques d'inondation (CBCL Ltd., 2017). Parmi les options proposées, aucune solution unique ne s'est avérée efficace et aucune mesure dont le coût est inférieur à 100 millions de dollars canadiens n'a permis de protéger plus de 20 % des zones prioritaires (Sherren et coll., 2019). Pour

ces raisons, les parties prenantes ont décidé d'opter pour un retrait géré, permettant le raccourcissement et le réaligement de la digue et la restauration du marais côtier (voir la figure 5.16). Le marais côtier restauré favorisera une série de services écosystémiques, tels que l'habitat de reproduction des poissons, la protection contre les tempêtes et la séquestration du carbone, pour n'en citer que quelques-uns (ICF, 2018). On estime que dans les trois ans suivant la modification, le marais côtier restauré de North Onslow agira comme un habitat de marais salé quasi optimal et régulera les services écosystémiques (p. ex. en agissant comme un tampon contre les tempêtes).

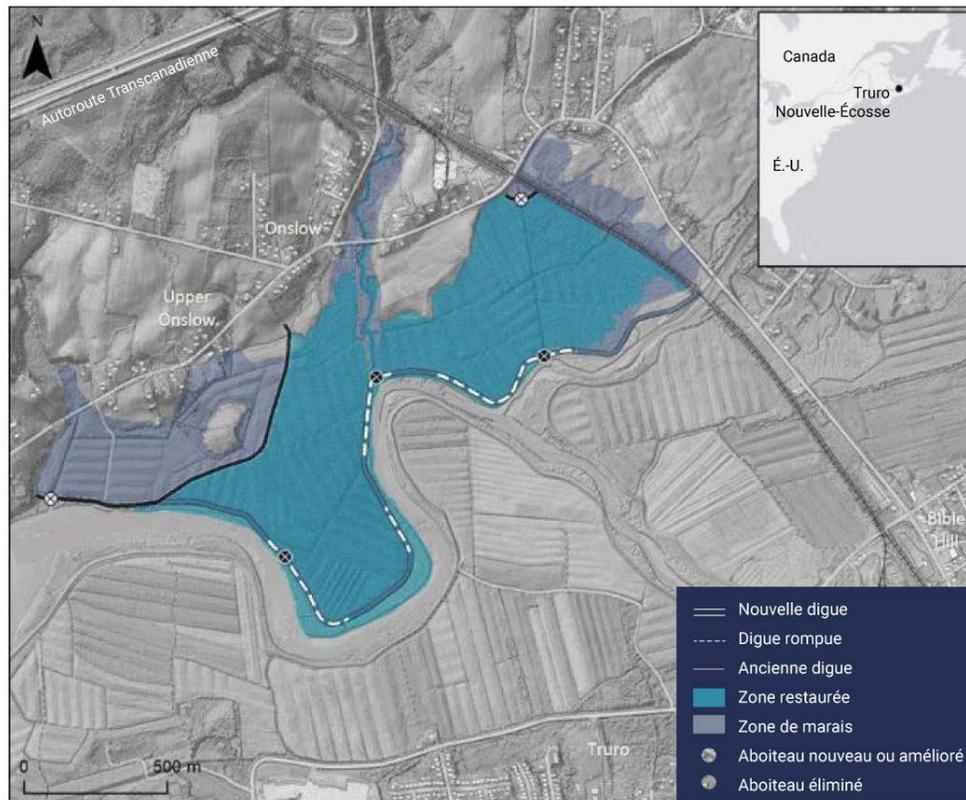


Figure 5.16 : Carte du marais North Onslow à Truro, en Nouvelle-Écosse, illustrant l'étendue de la zone à restaurer en tant que marais côtier. Source : Adapté de Sherren et coll., 2019.

### 5.5.2.2 Aménagement des berges à faible impact écologique

L'aménagement des berges à faible impact écologique est une approche qui peut être utilisée par les propriétaires et les gestionnaires de propriétés riveraines pour aménager leurs terrains de manière respectueuse des berges et de façon à préserver ou de restaurer les processus physiques, de maintenir ou d'améliorer la fonction et la diversité des habitats le long des berges, de prévenir ou de réduire les polluants qui atteignent le milieu aquatique et d'éviter ou de réduire les impacts cumulatifs (Green Shores, 2021). En

Colombie-Britannique, le programme Green Shores, un programme d'évaluation volontaire fondé sur des mesures incitatives, offre de la formation, des conseils en matière de crédit et d'évaluation, ainsi qu'une certification pour l'aménagement naturel des berges qui réduit les impacts sur les écosystèmes et augmente la résilience aux changements climatiques (voir l'étude de cas 5.6).

## **Étude de cas 5.6 : Promouvoir un aménagement des berges respectueux des écosystèmes grâce au programme Green Shores**

Une grande partie du littoral canadien est aménagée, ce qui a des répercussions sur la santé globale des écosystèmes littoraux et les services qu'ils fournissent. Avec les changements climatiques, les côtes et les collectivités côtières du Canada sont vulnérables aux impacts des changements climatiques, tels que l'élévation du niveau de la mer, les ondes de tempête, les inondations et l'érosion accrue. Il est de plus en plus reconnu que les structures « dures » ou techniques ne constituent pas toujours à elles seules les approches les plus appropriées ou les plus rentables pour réduire ces risques. Des programmes comme Green Shores et l'Initiative des actifs naturels municipaux (IANM) contribuent à la base de connaissances sur l'efficacité des approches fondées sur la nature pour faire face aux impacts des changements climatiques sur les écosystèmes côtiers, et plusieurs programmes au Canada soutiennent maintenant la mise en œuvre de berges naturelles dans les zones aménagées (Eyzaguirre et coll., 2020).

Le Stewardship Centre for British Columbia (SCBC) dirige le programme Green Shores, un programme d'évaluation volontaire et fondé sur des mesures incitatives qui vise à réduire l'impact du développement résidentiel sur les écosystèmes riverains (SCBC, s.d.). Ce programme offre un renforcement des capacités, des outils et des normes de pratiques exemplaires pour encourager des approches d'aménagement du littoral qui protègent les terres contre les inondations et l'érosion (en tenant compte de l'élévation prévue du niveau de la mer d'un mètre ou plus d'ici 2100 pour les littoraux côtiers), augmentent la capacité d'accès aux littoraux pour les loisirs, et maintiennent et restaurent les habitats naturels (Eyzaguirre et coll., 2020).

En 2018, le SCBC et ESSA Technologies Itée ont publié les conclusions d'une étude conjointe sur l'impact et la valeur sociale, environnementale et économique du programme Green Shores. Le rapport de l'étude comprenait des recommandations sur la façon d'améliorer la mise en œuvre du programme en Colombie-Britannique, ainsi que des stratégies visant à ce que le programme soit offert au Canada atlantique. Parmi les recommandations visant à améliorer la réalisation des programmes, citons (Eyzaguirre et coll., 2020) les suivantes :

- intégrer des mesures incitatives appropriées pour les propriétaires fonciers (p. ex. le paiement des services écosystémiques ou des modèles utilisateur-payeur);
- renforcer les liens avec d'autres acteurs du changement dans le système (p. ex. en repérant les zones de chevauchement et les outils complémentaires avec des leaders tels que l'IANM);
- offrir des formations et des activités de sensibilisation ciblées pour surmonter les obstacles et saisir les occasions (p. ex. travailler avec les entrepreneurs pour améliorer le partage

des renseignements sur l'intégration de la protection douce du littoral dans les projets de développement);

- améliorer la surveillance des projets de Green Shores actuels et prévus et en tirer des enseignements afin d'accroître l'acceptation des approches douces et hybrides de gestion du littoral (p. ex. en améliorant le suivi à long terme des projets).

De plus, le rapport présente plusieurs projets fructueux qui ont vu le jour grâce au programme Green Shores, notamment le projet de restauration de l'habitat riverain du parc New Brighton à Vancouver, en Colombie-Britannique (Eyzaguirre et coll., 2020). Ce projet, qui a obtenu la cote « or » dans le cadre du programme Green Shores, consistait à allonger le rivage original de 150 m à 440 m en créant des chenaux de marais intertidaux (voir la figure 5.17). L'étude comportait aussi une analyse économique du projet, qui a révélé que pour chaque dollar dépensé, le bien-être social augmentait de 2,50 dollars (Eyzaguirre et coll., 2020).

Les conclusions de ce rapport s'ajoutent aux preuves de plus en plus nombreuses concernant les avantages socio-économiques de l'utilisation d'approches fondées sur la nature pour promouvoir une gestion plus durable et plus résiliente des berges au Canada.

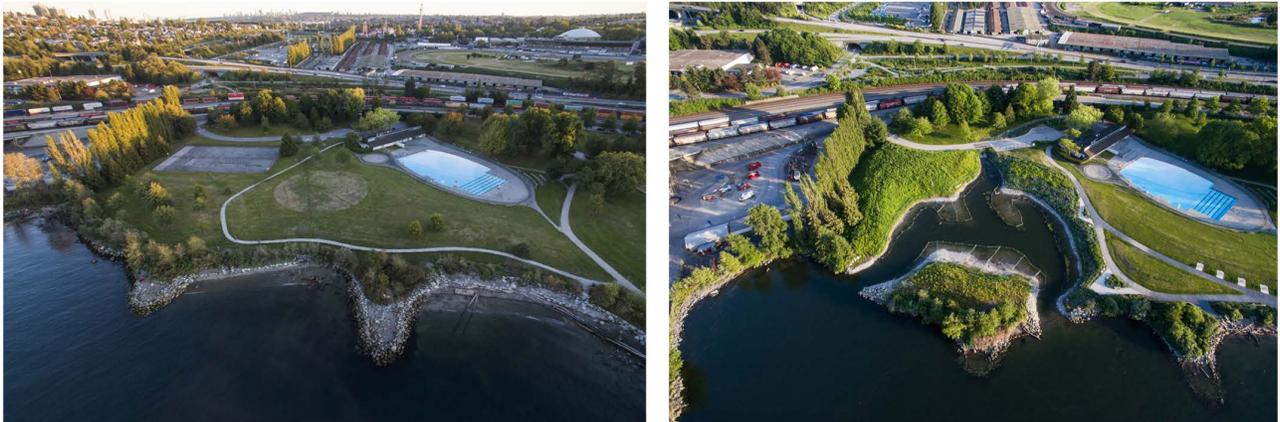


Figure 5.17 : Photos du projet de restauration de l'habitat riverain du parc New Brighton à Vancouver, en Colombie-Britannique, avant le début du projet et en 2018, une fois le projet terminé. Les photos sont une gracieuseté de l'autorité portuaire Vancouver-Fraser.

### 5.5.2.3 Forêts urbaines

Les forêts urbaines fournissent des services écosystémiques d'une valeur évaluée à 330 millions de dollars par an pour Halifax, Montréal, Vancouver et Toronto, sans compter la valeur associée au tourisme, aux loisirs ou à l'augmentation de la valeur des propriétés (Alexander et DePratto, 2014). Ils offrent aussi de nombreux avantages et peuvent contribuer à réduire les effets associés aux impacts des changements climatiques (voir l'étude de cas 5.7 et le chapitre « [Villes et milieux urbains](#) »), tels que la hausse des températures et les

vagues de chaleur (Sinnett, 2018; Brandt et coll., 2016; Livesley et coll., 2016; Rahman et coll., 2015), tout en emmagasinant l'eau et en réduisant le ruissellement des eaux de pluie (Berland et coll., 2017; Bartens et coll., 2008) et en contribuant à la séquestration du carbone (Nowak et Crane, 2001). Ces forêts offrent également un certain nombre d'avantages sociaux et économiques (Bardekjian, 2018). Parmi ceux-ci :

- promouvoir l'activité physique grâce à la création d'espaces de loisirs et d'un environnement extérieur attrayant;
- favoriser le bien-être mental et la réduction du stress;
- promouvoir les interactions sociales et le sens de la collectivité, notamment en renforçant les liens avec les voisins, le sentiment de sécurité et l'utilisation des espaces publics extérieurs;
- rendre les villes plus belles et masquer les éléments peu attrayants comme les murs, les autoroutes et les stationnements;
- réduire la pollution atmosphérique et fournir de l'oxygène;
- contribuer à fournir un habitat aux espèces sauvages et à préserver la biodiversité.

### **Étude de cas 5.7 : Lutte contre les îlots de chaleur urbains à Kingston, en Ontario, en augmentant les forêts urbaines**

Les centres urbains du Canada devraient connaître une augmentation du nombre annuel de jours de chaleur extrême (plus de 30 °C) en raison des changements climatiques (Atlas climatique du Canada, 2019), ce qui entraînera nombre de répercussions sur la santé des Canadiens. De nombreuses surfaces urbaines continuent de rayonner la chaleur captée tout au long de la journée, ce qui peut entraîner une différence pouvant atteindre 12 °C entre les villes et leurs zones environnantes la nuit (Atlas climatique du Canada, 2019). Les zones urbaines ont également tendance à avoir moins d'arbres et moins de végétation, qui fournissent d'importants services de refroidissement grâce à l'ombrage et à une évapotranspiration plus importante.

Pour aider à lutter contre l'effet d'îlot de chaleur, la ville de Kingston, en Ontario, a publié en 2011 son plan de gestion des forêts urbaines (SENES Consultants Itée, 2011). L'objectif du plan était d'établir des lignes directrices et des mesures permettant à la ville de maintenir son couvert forestier urbain actuel (21 % de couvert en 2009), de soutenir l'expansion de la forêt urbaine et d'assurer sa préservation à long terme conformément à la vision de l'horizon de 25 ans du plan. L'objectif du plan officiel de la ville est d'atteindre une couverture forestière urbaine de 30 % (au minimum) d'ici 2025 (Ville de Kingston, 2019). On estime que la forêt urbaine de Kingston génère environ 1,87 million de dollars par an en avantages environnementaux (SENES Consultants Itée, 2011). L'augmentation du couvert forestier urbain contribuera non seulement à réduire l'effet d'îlot de chaleur à Kingston, mais aussi :

- à fournir de l'ombre pour les bâtiments en été;
- à fournir un habitat pour les animaux;

- à assurer la filtration de la pollution atmosphérique;
- à assurer la filtration et la réduction de la quantité d'eau de ruissellement;
- à permettre la stabilisation des berges le long des cours d'eau ouverts;
- à offrir des brise-vent naturels;
- à embellir la ville.

Le succès du plan de gestion de la forêt urbaine est soutenu par d'autres politiques et mesures de la ville de Kingston, notamment son plan officiel, sa stratégie de protection contre la sécheresse, son règlement sur les arbres et un système d'alerte d'arrosage des arbres pour faire participer les citoyens (Ville de Kingston, 2021). La création d'un conseil consultatif sur les arbres composé d'intervenants locaux et de représentants de l'autorité locale de conservation et de Parcs Canada a également contribué à la mise en œuvre du plan (Guilbault, 2016).

#### 5.5.2.4 Couloirs de verdure et ceintures vertes en zones urbaines

Plusieurs centres urbains canadiens (p. ex. la région de la capitale nationale à Ottawa, en Ontario, Calgary, en Alberta, Saskatoon, en Saskatchewan, et la région du Grand Toronto, en Ontario) ont aménagé des voies vertes afin de conserver les espaces verts et de maintenir les écosystèmes de la région et les services qu'ils fournissent (voir l'étude de cas 5.8).

#### Étude de cas 5.8 : Services écosystémiques offerts par la ceinture de verdure de l'Ontario

Dans le sud de l'Ontario, zone urbaine en plein essor où vit plus d'un tiers de la population canadienne, on s'inquiète des risques liés au développement pour les forêts, les terres humides et les terres agricoles, qui constituent des sources d'approvisionnement alimentaire, de séquestration du carbone, de filtration de l'eau et fournissent des habitats essentiels, notamment pour les espèces en péril. La *Loi sur la ceinture de verdure du gouvernement de l'Ontario* (2005) a conduit à l'élaboration d'un plan d'aménagement du territoire couvrant 7 200 km<sup>2</sup>, qui s'étend sur 325 km, de l'extrémité est de la moraine d'Oak Ridges à l'est à la rivière Niagara à l'ouest (Ministère des Affaires municipales, 2017).

Bien que la Ceinture de verdure de l'Ontario ait été créée principalement pour empêcher l'étalement urbain, elle s'inscrit dans la Stratégie de l'Ontario en matière de changements climatiques (2015). La ceinture de verdure, bien que sensible aux changements climatiques, joue également un rôle en faveur de l'adaptation en contribuant à protéger la biodiversité, en permettant à l'agriculture et aux systèmes alimentaires de s'adapter aux changements climatiques et en offrant un refuge contre la chaleur des centres urbains (Friends of the

Greenbelt Foundation, 2011). Même si les évaluations des écosystèmes varient dans leurs méthodologies, une étude a estimé la valeur des services écosystémiques supplémentaires fournis par la Ceinture de verdure (ce qui comprend les loisirs, la séquestration du carbone et la protection des propriétés privées contre les inondations) à plus de 3,2 milliards de dollars par an (Green Analytics, 2016).

### 5.5.2.5 Approches fondées sur la nature en comparaison aux approches techniques

Alors que l'adaptation est souvent associée à des innovations technologiques ou à de nouvelles infrastructures, l'entretien et la gestion stratégique des systèmes naturels peuvent donner des résultats similaires, moins coûteux que les options techniques et offrant souvent des avantages supplémentaires dépassant le cadre du problème ciblé (Shreve et Kelman, 2014). Selon des synthèses récentes, les habitats restaurés pour la protection des côtes (p. ex. les marais salés et les mangroves) constituent des solutions de rechanges économiques aux infrastructures traditionnelles, avec des coûts nettement inférieurs pour certains habitats (Morris et coll., 2018; Narayan et coll., 2016).

Une étude réalisée en 2014 a évalué l'efficacité de trois approches « douces » ou fondées sur la nature en Colombie-Britannique pour faire face à l'élévation du niveau de la mer, en comparaison avec des approches « dures » ou techniques tout aussi appropriées (Lamont et coll., 2014). Les approches « douces » en question comprenaient des solutions de rechange, comme l'ajout de sable de reconstitution sur les plages et le réapprovisionnement des berges, l'utilisation d'éléments rocheux intertidaux situés à proximité du rivage et l'utilisation d'une série de plages de caps pour la préservation d'une plage conventionnelle. L'étude a révélé que, dans les trois cas, les solutions de rechange « douces » offraient un avantage significatif en matière de coûts par rapport aux solutions de rechange « dures », avec une économie allant de 30 % à 70 % du coût de la solution « dure » (Lamont et coll., 2014). Vous trouverez d'autres exemples d'analyse coûts-avantages au chapitre « [Coûts et avantages liés aux impacts des changements climatiques et aux mesures d'adaptation](#) ».

Le document « Green infrastructure : Guide for water management » (Guide de l'infrastructure verte pour la gestion de l'eau) traite des approches de gestion écosystémique pour les projets d'infrastructure liés à l'eau (PNUE, 2014). Le guide décrit les approches fondées sur la nature qui sont pertinentes pour la gestion des ressources en eau. Celles-ci comprennent également des approches qui sont constituées d'éléments construits ou « gris », qui interagissent avec les caractéristiques naturelles pour optimiser les services écosystémiques liés à l'eau (voir le tableau 5.2; PNUE, 2014). À l'échelle municipale, l'approche de gestion des actifs naturels a également gagné en popularité ces dernières années (voir l'étude de cas 5.9 et le chapitre « [Villes et milieux urbains](#) »).

**Tableau 5.2 : Approches de gestion des ressources en eau fondées sur la nature**

ENJEU RELATIF À LA GESTION DE L'EAU (SERVICE PRIMAIRE À FOURNIR)	SOLUTION D'INFRASTRUCTURE VERTE	EMPLACEMENT				SOLUTION D'INFRASTRUCTURE GRISE CORRESPONDANTE (AU NIVEAU DU SERVICE PRIMAIRE)
		BASSIN VERSANT	PLAINE INONDABLE	RÉGIONS URBAINES	RÉGIONS CÔTIÈRES	
Régulation de l'approvisionnement en eau (y compris l'atténuation de la sécheresse)	Reboisement et conservation des forêts	■				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barrages et pompage des eaux souterraines</li> <li>• Systèmes de distribution d'eau</li> </ul>
	Rétablissement des liens entre les rivières et les plaines inondables		■			
	Restauration/conservation des terres humides	■	■	■		
	Construction de terres humides	■	■	■		
	Collecte des eaux*	■	■	■		
	Espaces verts (biorétention et infiltration)			■		
	Revêtements perméable*			■		
Régulation de la qualité de l'eau	Épuration des eaux	Reboisement et conservation des forêts	■			Station d'épuration des eaux
		Zones tampons riveraines		■		

ENJEU RELATIF À LA GESTION DE L'EAU (SERVICE PRIMAIRE À FOURNIR)	SOLUTION D'INFRASTRUCTURE VERTE	EMPLACEMENT				SOLUTION D'INFRASTRUCTURE GRISE CORRESPONDANTE (AU NIVEAU DU SERVICE PRIMAIRE)
		BASSIN VERSANT	PLAINE INONDABLE	RÉGIONS URBAINES	RÉGIONS CÔTIÈRES	
Régulation de la qualité de l'eau	Rétablissement des liens entre les rivières et les plaines inondables					Station d'épuration des eaux
	Restauration/conservation des terres humides					
	Construction de terres humides					
	Espaces verts (biorétention et infiltration)					
	Revêtements perméable*					
(continué)	Reboisement et conservation des forêts					Renforcement des pentes
	Zones tampon riveraines					
	Rétablissement des liens entre les rivières et les plaines inondable					
Contrôle biologique	Reboisement et conservation des forêts					Station d'épuration des eaux
	Zones tampons riveraines					

ENJEU RELATIF À LA GESTION DE L'EAU (SERVICE PRIMAIRE À FOURNIR)	SOLUTION D'INFRASTRUCTURE VERTE	EMPLACEMENT				SOLUTION D'INFRASTRUCTURE GRISE CORRESPONDANTE (AU NIVEAU DU SERVICE PRIMAIRE)
		BASSIN VERSANT	PLAINE INONDABLE	RÉGIONS URBAINES	RÉGIONS CÔTIÈRES	
Régulation de la qualité de l'eau	Contrôle biologique (continué)	Rétablissement des liens entre les rivières et les plaines inondables				Station d'épuration des eaux
		Restauration/conservation des terres humides				
		Construction de terres humides				
	Contrôle de la température de l'eau	Reboisement et conservation des forêts				Barrages
		Zones tampons riveraines				
		Rétablissement des liens entre les rivières et les plaines inondables				
		Restauration/conservation des terres humides				
		Construction de terres humides				
		Espaces verts (ombrage des cours d'eau)				



ENJEU RELATIF À LA GESTION DE L'EAU (SERVICE PRIMAIRE À FOURNIR)	SOLUTION D'INFRASTRUCTURE VERTE	EMPLACEMENT				SOLUTION D'INFRASTRUCTURE GRISE CORRESPONDANTE (AU NIVEAU DU SERVICE PRIMAIRE)
		BASSIN VERSANT	PLAINE INONDABLE	RÉGIONS URBAINES	RÉGIONS CÔTIÈRES	
Atténuation des phénomènes extrêmes (inondations)	Maîtrise des inondations fluviales	Reboisement et conservation des forêts	■			Barrages et digues
		Zones tampons riveraines		■		
		Rétablissement des liens entre les rivières et les plaines inondables		■		
		Restauration/conservation des terres humides	■	■	■	
		Construction de terres humides	■	■	■	
		Mise en place de systèmes de détournement des eaux de crue		■		
Ruissellement des eaux pluviales urbaines		Toits verts			■	Infrastructures de gestion des eaux pluviales urbaines
		Espaces verts (biorétention et infiltration)			■	
		Collecte des eaux*	■	■	■	
		Revêtements perméables*			■	

ENJEU RELATIF À LA GESTION DE L'EAU (SERVICE PRIMAIRE À FOURNIR)		SOLUTION D'INFRASTRUCTURE VERTE	EMPLACEMENT				SOLUTION D'INFRASTRUCTURE GRISE CORRESPONDANTE (AU NIVEAU DU SERVICE PRIMAIRE)
			BASSIN VERSANT	PLAINE INONDABLE	RÉGIONS URBAINES	RÉGIONS CÔTIÈRES	
Atténuation des phénomènes extrêmes (inondations) (continué)	Contrôle des inondations côtières (ondes de tempête)	Protection/restauration des mangroves, des marais côtiers et des dunes					Ouvrages longitudinaux (brise-mer)
		Protection/restauration des récifs (corail/huître)					

Remarque : Les solutions d'infrastructure verte marquées d'un « \* » consistent en un hybride d'éléments « verts » et « gris » qui interagissent pour optimiser les services écosystémiques.

Source : UNEP, 2014.

## Étude de cas 5.9 : Gestion des actifs naturels municipaux et prestation de services

L'Initiative des actifs naturels municipaux (IANM) a été créée en 2016 afin de peaufiner, de mettre à l'essai et d'appliquer à plus grande échelle le travail de gestion des actifs naturels qui a été lancé pour la première fois par la ville de Gibsons, en Colombie-Britannique. L'initiative modifie la façon dont les municipalités de partout au Canada fournissent des services et accroissent la qualité et la résilience des infrastructures naturelles face aux changements climatiques, à moindre coût et à moindre risque.

L'IANM teste la manière de gérer les actifs naturels tels que les boisés, les terres humides et les ruisseaux en zones urbaines dans le cadre d'une stratégie d'infrastructure durable. Cette approche permet de déterminer la valeur des actifs naturels et de tenir compte de leur contribution à la prestation des services municipaux – des services qui, autrement, devraient être fournis par des actifs techniques construits. Les actifs naturels municipaux sont définis par l'IANM comme étant le capital de ressources naturelles ou d'écosystèmes qu'une collectivité, un district régional ou toute autre forme de gouvernement local pourrait compter ou gérer pour la provision durable d'un ou plusieurs services gouvernementaux locaux.

De nouvelles approches de gestion des actifs naturels sont motivées par le déclin des infrastructures urbaines, dont le remplacement est coûteux, par le déclin spectaculaire des écosystèmes naturels et par l'urgence de relever les défis en matière d'infrastructures face à l'augmentation de la population et aux impacts des changements climatiques, tels que les inondations et les sécheresses. Les gouvernements locaux canadiens qui cherchent de nouvelles stratégies permettant de mieux fournir des services de base d'une manière financièrement viable se tournent vers la gestion des actifs.

Les résultats de l'IANM laissent entendre qu'une approche fondée sur la gestion des actifs est très prometteuse pour relever le double défi de la détérioration des infrastructures urbaines et du déclin de la santé des écosystèmes. Par exemple, le tableau 5.3 donne un aperçu des services municipaux liés à l'eau qui pourraient être fournis par des actifs naturels et des services écosystémiques, plutôt que par des approches techniques.

La vision des actifs naturels selon le cycle de vie de l'IANM comprend la réalisation d'un inventaire des actifs existants d'une collectivité donnée, la détermination de l'état actuel et de la valeur de ces actifs, et la mise en œuvre de plans de gestion des actifs pour les préserver ou les remplacer. L'accent est mis sur la gestion des actifs pour la fourniture de services durables, par opposition aux actifs sous-jacents qui fournissent ces services. Cela signifie que le capital naturel peut constituer un élément central des stratégies de gestion des actifs municipaux.

L'équipe de l'IANM a élaboré une méthodologie et des documents d'orientation pour aider les gouvernements locaux à recenser, à évaluer et à gérer les actifs naturels dans les cadres traditionnels de planification financière et de gestion des actifs. Les premiers résultats provenant de collectivités faisant partie des diverses cohortes à travers le pays sont encourageants et soutiennent ce concept. Par exemple, l'aquifère de Gibsons s'est avéré être un réservoir d'eau suffisant pour approvisionner environ 70 % de la population prévue de la ville dans un avenir prévisible (Waterline Resources inc., 2013), sans coût d'investissement et avec des coûts d'exploitation de 30 000 \$ par an pour la surveillance, soit une fraction du coût des infrastructures techniques d'approvisionnement en eau.

Les collectivités de la première cohorte, soit la ville de Nanaimo (C.-B.), la ville de Grand Forks (C.-B.), le district de West Vancouver (C.-B.), la région de Peel (Ont.) et la ville d'Oakville (Ont.), ont évalué la valeur des services liés aux eaux pluviales fournies par un actif naturel selon divers scénarios. Bien que les résultats de chacun des projets soient uniques, ils permettent de tirer certaines conclusions communes clés : on a constaté que les actifs naturels fournissent des services de gestion des eaux pluviales équivalents à ceux des actifs techniques, et toutes les collectivités ont constaté que leur actif naturel d'intérêt répondait au moins aux exigences de stockage des crues centennales selon les normes actuelles. Il a également été constaté que la valeur des actifs naturels augmentait dans les scénarios associés à la fois aux changements climatiques et à l'intensification du développement. Dans l'ensemble, les premiers résultats de l'IANM démontrent que les valeurs des services écosystémiques nouvellement reconnues permettent aux collectivités locales de mieux comprendre en quoi la nature contribue à la prestation de services municipaux et influence la prise de décision.

**Tableau 5.3 : Exemples de services municipaux liés à l'eau qui peuvent être fournis par des actifs naturels et des services écosystémiques**

SERVICES MUNICIPAUX RELATIFS À L'EAU	SERVICE ÉCOSYSTÉMIQUE	ACTIFS NATURELS	TECHNOLOGIE DE REMPLACEMENT
Alimentation en eau potable	Réalimentation de l'aquifère	Aquifère et zone de source d'eau	Tuyaux pour l'alimentation en eau, station d'épuration des eaux
	Recharge des lacs	Bassin versant de lac	
	Eaux d'amont de rivière	Terres d'amont	
Traitement de l'eau potable	Épuration des eaux	Terres humides, forêts, végétation	Station d'épuration des eaux
	Filtration de l'eau		
Gestion des eaux pluviales	Absorption des eaux de pluie	Terres humides, forêts, végétation	Conduites d'égout pluvial, ponceaux, collecteurs d'eaux pluviales, bassin de retenue des eaux pluviales
	Filtration des eaux de pluie		Station d'épuration des eaux
Réduction des risques d'inondation	Absorption des eaux de pluie	Terres humides, forêts, végétation	Barrages, murs de soutènement, levées de terrain

Source : Adapté de MNAI, 2019.

## 5.6 Aller de l'avant

Un certain nombre de nouveaux enjeux, de lacunes dans les connaissances et de besoins en matière de recherche sont liés à la manière dont les changements climatiques affectent les services écosystémiques, et à la manière avec laquelle nous pouvons intégrer les considérations relatives aux services écosystémiques et les possibilités d'adaptation dans la planification des changements climatiques.

### 5.6.1 Lacunes dans les connaissances

Bien que des recherches sur la biodiversité et les services écosystémiques soient en cours dans tout le pays, il existe des domaines dans lesquels des connaissances supplémentaires sont nécessaires.

#### 5.6.1.1 Impacts des changements climatiques sur les écosystèmes et leurs services

Il est difficile d'anticiper tous les effets qu'auront les changements climatiques sur chaque espèce, les interactions entre les espèces et les changements dans les processus et les fonctions des écosystèmes, et comment ces divers changements se traduiront par des impacts sur les services écosystémiques, compte tenu de la complexité des écosystèmes.

Des études supplémentaires sont également nécessaires pour mieux comprendre comment l'évolution des services écosystémiques dans un climat en changement affectera les populations qui en dépendent pour leurs moyens de subsistance, leur santé et leur bien-être. Des évaluations complètes de la vulnérabilité aux changements dans les services écosystémiques et de la capacité d'adaptation aux impacts futurs des changements climatiques permettraient de faire ressortir les occasions de renforcer la capacité d'adaptation en ce qui concerne les services écosystémiques (Boyd, 2010).

#### 5.6.1.2 Données et renseignements

Davantage de données ouvertes, de normes nationales sur ce qui constitue des approches fondées sur la nature efficaces et durables, de mesures, d'approches pour la surveillance et les inventaires, et l'amélioration de la collecte et la mise en commun des données de référence favoriseraient une recherche sur la biodiversité relative aux impacts des changements climatiques et à l'adaptation à ceux-ci plus cohérente et coordonnée (Groupe de travail sur l'adaptation et la biodiversité, 2018). Les besoins spécifiques en matière de données et de renseignements sont les suivants :

- l'amélioration des ensembles de données spatiales et des indicateurs des flux de services écosystémiques;
- davantage de données sur les impacts des changements phénologiques sur les services écosystémiques et l'évaluation non monétaire des flux de services écosystémiques;

- l'élaboration de mesures et de normes (au-delà des forêts) pour suivre les taux de séquestration et de stockage du carbone terrestre et côtier;
- une meilleure détermination des points chauds de la vulnérabilité et de la résilience;
- une surveillance accrue afin de mieux comprendre l'efficacité des approches d'adaptation.

Les mécanismes d'accès à l'information et les mécanismes permettant de faciliter la collaboration en dehors des agences gouvernementales présentent également des lacunes. Des orientations, des ressources et des outils accessibles sont également nécessaires pour aider les décideurs à intégrer l'adaptation et la résilience à l'échelle du paysage grâce à des approches fondées sur les services écosystémiques.

## 5.6.2 Nouveaux enjeux

Tous les Canadiens tireront avantage de la mise en place et du maintien d'écosystèmes, de collectivités et d'économies résilients. Au fur et à mesure que la recherche et la mise en œuvre des stratégies en matière de changements climatiques émergent et évoluent, plusieurs domaines peuvent progresser rapidement, tandis que d'autres requièrent davantage de considération. Cette section met en évidence certains nouveaux enjeux qui pourraient jouer un rôle clé dans la discussion sur la résilience des services écosystémiques au fil des progrès.

### 5.6.2.1 Évaluation des approches fondées sur la nature

L'évaluation des services écosystémiques et des actifs naturels, l'application de différentes approches à la prise de décision et l'analyse coûts-avantages des approches d'adaptation fondées sur la nature par rapport aux approches techniques sont des domaines en évolution rapide qui suscitent un intérêt considérable et gagnent en visibilité au Canada.

Avec l'augmentation de la fréquence des inondations dans les centres urbains canadiens et dans les régions côtières, on constate un regain d'intérêt pour la valorisation et l'utilisation d'approches fondées sur la nature pour répondre à des besoins qui sont normalement satisfaits par des infrastructures « grises » ou artificielles. Par exemple, les forêts et les terres humides réduisent les impacts des inondations, de l'érosion des sols et des glissements de terrain, tout en améliorant la sécurité de l'eau (Seddon et coll., 2020), et en offrant d'autres avantages écologiques (p. ex. en fournissant un habitat, des services culturels) et des réductions de coûts.

Les municipalités avancent des arguments économiques en faveur du maintien des systèmes naturels pour fournir les services nécessaires, en particulier ceux liés à l'approvisionnement en eau et à la régulation de l'eau (voir l'étude de cas 5.9). Actuellement, une variété d'approches d'évaluation ont été appliquées, y compris les coûts de remplacement (lorsque les services ont le potentiel de s'aligner sur les exigences du Conseil de comptabilité du secteur public), les coûts de restauration (lorsque le développement à faible impact est utilisé), et la valeur foncière (lorsque la gestion nécessite le transfert des droits de propriété). Dans ce processus, il est important que les municipalités reconnaissent que les systèmes naturels peuvent être submergés lorsque leur capacité est dépassée, et qu'elles commencent à considérer les systèmes naturels

en tant que composante d'une stratégie d'infrastructure durable qui comprend à la fois des éléments « gris » et des éléments naturels.

### 5.6.2.2 Meilleure intégration des connaissances autochtones

Comme il est mentionné dans la section 5.4, l'amélioration de la prise en compte et de l'intégration des connaissances autochtones jouera un rôle important pour faire face aux impacts des changements climatiques sur les écosystèmes et leurs services, et pour la planification de notre adaptation à ceux-ci dans l'ensemble du Canada. Cela ne peut se faire sans reconnaître les préjudices qui ont historiquement érodé la confiance entre les groupes autochtones et les collectivités des colons. Dans le cadre de l'effort national visant à s'engager profondément dans le processus de vérité et de réconciliation, le renforcement des capacités et l'autonomisation du leadership autochtone sont des éléments importants du partenariat et de la participation pleine et entière avec les collectivités autochtones en matière de changements climatiques.

### 5.6.2.3 Rôle croissant de la science citoyenne

Grâce aux technologies et aux applications mobiles qui permettent de partager en temps réel des données sur les phénomènes naturels au moyen de dépôts en ligne (p. ex. pour la qualité de l'eau, les oiseaux migrateurs, la documentation des périodes de floraison), les citoyens peuvent participer à l'amélioration de la couverture des connaissances liées aux changements dans les services écosystémiques, tout en s'impliquant dans le suivi des changements partout au pays. De nombreux outils sont disponibles pour tirer parti de l'intérêt humain dans les informations de surveillance avec une grande couverture, pour un coût très faible. L'intérêt pour la participation à des activités uniques a permis de recueillir des informations de surveillance dans un certain nombre d'endroits où il n'était pas possible de faire de la surveillance auparavant, et cet intérêt peut être transformé en un outil efficace pour renforcer les connaissances et la sensibilisation. En outre, l'implication de la population locale dans la collecte de données peut favoriser l'apprentissage adaptatif et le capital social, et encourager l'éthique de l'intendance et de la diligence envers les écosystèmes locaux sur le long terme.

### 5.6.2.4 Élargir la collaboration

Le fait d'aller au-delà des partenaires traditionnels et de rechercher de nouvelles collaborations dans le domaine de la protection des services écosystémiques, ainsi que de la conception et de la mise en œuvre d'approches d'adaptation fondées sur la nature, contribuera à alimenter l'innovation. Dans certains cas, il faudra surmonter les obstacles à la communication de la valeur de la biodiversité et de la protection des écosystèmes, notamment en termes de préservation des services écosystémiques dans un climat en changement. La promotion des services écosystémiques dans le cadre des mesures d'adaptation aux changements climatiques pourrait être adaptée à différents publics en utilisant une terminologie qui leur est familière, tout en soulignant la pertinence de ces mesures pour des groupes cibles en particulier. L'expression

« services écosystémiques » n'est pas comprise par tous, mais le concept de tirer des avantages de la nature est largement reconnu et est relativement facile à expliquer et à faire valoir auprès de groupes spécifiques.

### 5.6.2.5 Investissements et partenariats novateurs

Des investissements et des partenariats novateurs voient le jour afin d'investir dans des approches fondées sur la nature et dans la préservation des écosystèmes et de leurs services. Par exemple, le gouvernement du Canada a annoncé à la fin 2018 la création du Fonds canadien pour la nature, qui dispose de 500 millions de dollars et qui fournira des fonds de contrepartie aux projets menés par les provinces, les territoires, les municipalités et les ONG pour atteindre les objectifs de conservation. D'autres possibilités de financement associant fonds publics et privés, comme les obligations vertes, les modèles de financement social et les solutions d'assurance fondées sur la nature, entre autres, peuvent être conçues pour fournir les investissements nécessaires aux approches fondées sur la nature et pour préserver les écosystèmes et leurs services. Un financement fédéral important pour les infrastructures existe également dans le cadre du Fonds d'atténuation et d'adaptation en matière de catastrophes et du sous-volet Adaptation, résilience et atténuation des catastrophes du Fonds pour l'infrastructure verte.

### 5.6.2.6 Intérêt croissant du secteur privé pour les approches d'adaptation fondées sur la nature

À l'échelle mondiale, le secteur privé reconnaît de plus en plus l'importance d'écosystèmes sains et intacts. Le Forum économique mondial (2020) a classé la perte de biodiversité et les dommages environnementaux, l'incapacité à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à s'adapter aux changements climatiques, ainsi que les phénomènes météorologiques extrêmes et les catastrophes naturelles parmi les trois principaux risques pour l'économie mondiale au cours des six dernières années. Les entreprises cherchent de plus en plus à mieux comprendre les risques opérationnels, la continuité de la chaîne d'approvisionnement, les risques liés à la responsabilité et les perturbations des marchés qui pourraient découler de la perte et de la dégradation des écosystèmes et des services écosystémiques.

## 5.7 Conclusion

Les changements climatiques présentent de nombreux risques, occasions et options pour les écosystèmes du Canada et les personnes qui en dépendent. La nature et la gravité des impacts dépendront du rythme et de l'ampleur des changements climatiques dans les années à venir et du succès des mesures d'adaptation. Il est possible de cibler efficacement les stratégies d'adaptation en améliorant la compréhension des multiples facteurs de changement qui affectent les services écosystémiques, et la manière dont les changements dans les services écosystémiques affectent les collectivités et les segments les plus vulnérables de la société. Les systèmes naturels peuvent également jouer un rôle tampon important pour la réduction de la gravité des impacts des



changements climatiques. Il a été démontré que les approches d'adaptation fondées sur la nature fournissent des méthodes complètes, multidisciplinaires et flexibles qui favorisent une série d'avantages communs, en particulier par rapport aux approches d'adaptation techniques. La complexité des effets des changements climatiques sur les écosystèmes et les services qu'ils fournissent, ainsi que les approches d'adaptation fondées sur la nature, sont des domaines d'intérêt et d'étude en plein essor au Canada, qui promettent de produire de nouvelles connaissances desquelles nous pourrions tirer des leçons dans les années à venir.

## 5.8 Références

- Adams, M.A. (2013). « Mega-fires, tipping points and ecosystem services: managing forests and woodlands in an uncertain future », *Forest Ecology and Management*, 294, 250–261. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.11.039>>
- Alexander, C. et DePratto, B. (2014). La valeur des forêts urbaines au Canada. Étude spéciale – Services économiques TD. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://www.td.com/francais/document/PDF/economics/special/UrbanForestsInCanadianCities\\_FR.pdf](https://www.td.com/francais/document/PDF/economics/special/UrbanForestsInCanadianCities_FR.pdf)>
- Allard, M., Lemay, M., Barrett, M., Sheldon, T. et Brown, R. (2012). « From Science to Policy in Nunavik and Nunatsiavut: Synthesis and recommendations » dans *Nunavik and Nunatsiavut: From science to policy. An Integrated Impact Study (IRES) of climate change and modernization*, Allard, M. et Lemay, M. (éd.), ArcticNet Inc., ville de Québec, Canada, 72 p.
- Alofs, K. M., Jackson, D. A. et Lester, N. P. (2014). « Ontario freshwater fish demonstrate differing range-boundary shifts in a warming climate », *Diversity and Distributions*, 20(2), 123–136. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/ddi.12130>>
- Arora, V.K., Peng, Y., Kurz, W.A., Fyfe, H.C., Hawkins, B. et Werner, A.T. (2016). « Potential near-future carbon uptake overcomes losses from a large insect outbreak in British Columbia, Canada », *Geophysical Research Letters*, 43(6), 2590–2598. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1002/2015GL067532>>
- Association des administrations portuaires canadiennes (2013). « Industry information – Canadian port industry », Association des administrations portuaires canadiennes. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://www.acpa-ports.net/industry/industry.html>>
- Astrup, R., Bernier, P.Y., Genet, H., Lutz, D.A et Bright, R.M. (2018). « A sensible climate solution for the boreal forest », *Nature Climate Change*, 8, 11–12. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1038/s41558-017-0043-3>>
- Atkinson, D.E., Forbes, D.L. et James, T.S. (2016). Un littoral dynamique dans un contexte de climat en mutation, Chapitre 2 dans *Le littoral maritime du Canada face à l'évolution du climat*, D.S. Lemmen, F.J. Warren, T.S. James et C.S.L. Mercer Clarke (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 27–68. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://www.rncan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/le-littoral-maritime-du-canada-face-levolution-du-climat/18391?\\_ga=2.253033034.2118943302.1617901367-286424467.1617901367](https://www.rncan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/le-littoral-maritime-du-canada-face-levolution-du-climat/18391?_ga=2.253033034.2118943302.1617901367-286424467.1617901367)>
- Atlas climatique du Canada (2019). Effet d'îlot thermique urbain. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://atlasclimatique.ca/effet-dilot-thermique-urbain>>
- Balshi, M.S., McGuire, A.D., Duffy, P., Flannigan, M., Kicklighter, D.W. et Melillo, J. (2009). « Vulnerability of carbon storage in North American boreal forests to wildfires in the 21st century », *Global Change Biology* 15, 1491–1510. Consulté en avril 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01877.x>>
- Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C. et Silliman, B.R. (2011). « The value of estuarine and coastal ecosystem services », *Ecological Monographs*, 81(2), 169–193. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1890/10-1510.1>>
- Bardekjian, A. (2018). Recueil des meilleures pratiques de gestion des forêts urbaines. Deuxième édition. Initialement mandaté par Ressources naturelles Canada et élaboré par Arbres Canada. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://arbrescanada.ca/ressources/recueil-des-meilleures-pratiques-de-gestion-des-forets-urbaines/>>
- Bartens, J., Day, S.D., Harris, J.R., Dove, J.E. et Wynne, T.M. (2008). « Can urban tree roots improve infiltration through compacted subsoils for stormwater management? », *Journal of Environmental Quality: Bioremediation and Biodegradation*, 37(6), 2048–2057. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.2134/jeq2008.0117>>
- Beaubien, E. et Hamann, A. (2011). « Spring flowering response to climate change between 1936 and 2006 in Alberta, Canada », *BioScience*, 61(7), 514–524. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.7.6>>
- Beaumier, M.C. et Ford, J.D. (2010). « Food insecurity among Inuit women exacerbated by socio-economic stresses and climate change », *Canadian Journal of Public Health*, 101(3), 196–201. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/bf03404373>>
- Berger, A.M., Grandin, C.J., Taylor, I.G., Edwards, A.M. et Cox, C. (2017). « Status of the Pacific Hake (whiting) stock in U.S. and Canadian waters in 2017 ». Préparé par le Comité technique mixte de l'Accord relatif au merlu du Pacifique entre le gouvernement du Canada et le gouvernement des États-Unis d'Amérique, le National Marine Fisheries Service et Pêches et Océans Canada. Consulté en octobre 2020 sur le site <[https://www.cio.noaa.gov/services\\_programs/prplans/pdfs/ID403\\_2019finalassessment\\_PacificHake.pdf](https://www.cio.noaa.gov/services_programs/prplans/pdfs/ID403_2019finalassessment_PacificHake.pdf)>
- Berkes, F. (1998). « Indigenous knowledge and resource management systems in the Canadian subarctic » dans *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*, F. Berkes et C. Folke. (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 98–128.
- Berkes, F. et Berkes, M.K. (2008). « Ecological complexity, fuzzy logic and holism in indigenous knowledge », *Futures*, 41(1), 6–12. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.futures.2008.07.003>>

- Berland, A., Shiflett, S.A., Shuster, W.D., Garmestani, A.S., Goddard, H.C., Hermann, D.L. et Hopton, M.E. (2017). « The role of trees in urban stormwater management », *Landscape and Urban Planning*, 162, 167–177. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>>
- Bernhardt, J.R. et Leslie, H.M. (2013). « Resilience to climate change in coastal marine ecosystems », *Annual Review of Marine Science*, 5, 371–392. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1146/annurev-marine-121211-172411>>
- Bernier, P.Y., Gauthier, S., Jean, P.-O., Manka, F., Boulanger, Y., Beaudoin, A. et Guindon, L. (2016). « Mapping local effects of forest properties on fire risk across Canada », *Forests*, 7(8), 157. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.3390/f7080157>>
- Berrang-Ford, L., Dingle, K., Ford, J.D., Lee, C., Lwawa, S., Namanya, D.B., Henderson, J., Llanos, A., Carcamo, C. et Edge, V. (2012). « Vulnerability of Indigenous health to climate change: A case study of Uganda's Batwa Pygmies », *Social Science and Medicine*, 75(6), 1067–1077. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://dx.doi.org/10.1016/j.socscimed.2012.04.016>>
- Biodivcanada (2020). Buts et objectifs canadiens pour la biodiversité d'ici 2020. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://biodivcanada.chm-cbd.net/fr/buts-et-objectifs-canadiens-pour-la-biodiversite-dici-2020>>
- Blackburn, T. C. et Anderson, K. (éd.) (1993). « Before the Wilderness: Environmental Management by Native Californians », Ballena Press, Menlo Park, Californie, États-Unis, 476 p.
- Boisvert-Marsh, L., Périé, C. et de Blois, S. (2014). « Shifting with climate? Evidence for recent changes in tree species distribution at high latitudes », *Ecosphere*, 5(7), 1–33. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1890/ES14-00111.1>>
- Boone, R.B., Conant, R.T., Sircely, J., Thornton, P.K. et Herrero, M. (2018). « Climate change impacts on selected global rangeland ecosystem services », *Global Change Biology*, 24, 1382–1392. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/gcb.13995>>
- Boucher, D., Boulanger, Y., Aubin, I., Bernier, P.Y., Beaudoin, A., Guindon, L. et Gauthier, S. (2018). « Current and projected cumulative impacts of fire, drought, and insects on timber volumes across Canada », *Ecological Applications*, 285, 1245–1259. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1002/eap.1724>>
- Boulanger, Y., Girardin, M., Bernier, P.Y., Gauthier, S., Beaudoin, A. et Guindon, L. (2017b). « Changes in mean forest age in Canada's forests could limit future increases in area burned but compromise potential harvestable conifer volumes », *Canadian Journal of Forest Research*, 47(6), 755–764. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0445>>
- Boulanger, Y., Taylor, A.R., Price, D.T., Cyr, D., McGarrigle, E., Rammer, W., Sainte-Marie, G., Beaudoin, A., Guindon et Mansuy, N. (2017a). « Climate change impacts on forest landscapes along the Canadian southern boreal forest transition zone », *Landscape Ecology*, 32(7), 1415–1431. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10980-016-0421-7>>
- Boyd, J. (2010). « Ecosystem Services and Climate Adaptation ». *Resources for the Future Issue Brief*, 10–16, juillet 2010.
- Brandt, L., Derby Lewis, A., Fahey, R., Scott, L., Darling, L. et Swanston, C. (2016). « A framework for adapting urban forests to climate change », *Environmental Science & Policy*, 66, 393–402. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.005>>
- Breshears, D.D., Cobb, N.S., Rich, P.M., Price, K.P. Allen, C.D., Balice, R.G., Romme, W.H., Kastens, J.H., Floyd, M.L., Belnap, J., Anderson, J.J., Myers, O.B. et Meyer, C.W. (2005). « Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought », *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 102(42), 15144–15148. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1073/pnas.0505734102>>
- Breshears, D.D., López-Hoffman, L. et Graumlich, L.J. (2011). « When ecosystem services crash: preparing for big, fast, patchy climate change », *AMBIO*, 40(3), 256–263. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s13280-010-0106-4>>
- Brommer, J.E., Lehikoinen, A. et Valkama, J. (2012). « The breeding ranges of central European and Arctic bird species move poleward », *PLoS One*, 7(9), e43648. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043648>>
- Bucharova, A. (2017). « Assisted migration within species range ignores biotic interactions and lacks evidence », *Restoration Ecology*, 25(1), 14–18. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/rec.12457>>
- Bunker, D.E., DeClerck, F., Bradford, J.C., Colwell, R.K., Perfecto, I., Phillips, O., Sankaran, M. et Naeem, S. (2005). « Species loss and aboveground carbon storage in a tropical forest », *Science*, 310(5750), 1029–1031. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1126/science.1117682>>
- Bureau d'assurance du Canada (2019). Assurances de dommages au Canada 2019, 41<sup>e</sup> édition. Consulté en juin 2020 sur le site <[http://assets.ibc.ca/Documents/Facts%20Book/Facts\\_Book/2019/IBC-2019-Facts-FR.pdf](http://assets.ibc.ca/Documents/Facts%20Book/Facts_Book/2019/IBC-2019-Facts-FR.pdf)>
- Burton, P.J. (2010). « Striving for sustainability and resilience in the face of unprecedented change: the case of the mountain pine beetle outbreak in British Columbia », *Sustainability*, 2(8), 2403–2423. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.3390/su2082403>>

- Bush, E. et Lemmen, D.S. (éd.) (2019). Rapport sur le climat changeant du Canada. Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 444 p. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://changingclimate.ca/CCCR2019/fr/>>
- Callaghan, T.V., Johansson, M., Brown, R.D., Groisman, P.Y., Labba, N., Radionov, V., Barry, R.G., Bulygina, O.N., Essery, R.L.H., Frolov, D.M., Golubev, V.N., Grenfell, T.C., Petrushina, M.N., Razuvaev, V.N., Robinson, D.A., Romanov, P., Shindell, D., Shmakin, A.B., Sokratov, S.A., Warren, S. et Yang, D. (2011). « The changing face of Arctic snow cover: a synthesis of observed and projected changes », *AMBIO*, 40, 17–31. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s13280-011-0212-y>>
- Carlson, D. (2020). « Natural infrastructure for Coastal Flood Protection in Boundary Bay, BC ». Présentation de West Coast Environmental Law au Sommet des solutions nature pour le climat, 5 et 6 février 2020. *Summit Report*, 54. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://sjdavidson1.files.wordpress.com/2017/12/85b33-climate-summit-summary-report-v6.pdf>>
- CBCL Ltd. (2017). « Truro Flood Risk Study, Town of Truro ». Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.truro.ca/living-intruro/truro-flood-risk-study.html>>
- Cercle autochtone d'experts (2018). Nous nous levons ensemble. Consulté en mars 2021 sur le site <[http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2018/pc/R62-548-2018-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2018/pc/R62-548-2018-fra.pdf)>
- Chanteloup, L. (2013). « Wildlife as a tourism resource in Nunavut », *Polar Record*, 49(3), 240–248. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1017/S0032247412000617>>
- Chen, I.-C., Hill, J.K., Ohlemüller, R., Roy, D.B. et Thomas, C.D. (2011). « Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming », *Science*, 333(6045), 1024–1026. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1126/science.1206432>>
- Cheung, W.W.L. (2018). « The future of fishes and fisheries in the changing oceans », *Journal of Fish Biology*, 92(3), 790–803. Consulté en février 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/jfb.13558>>
- Cheung, W.W.L., Reygondeau, G. et Frölicher, T.L. (2016). « Large benefits to marine fisheries of meeting the 1.5°C global warming target », *Science*, 354, 1591–1594. Consulté en février 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1126/science.aag2331>>
- Cohen, J.M., Lajeunesse, M.J. et Rohr, J.R. (2018). « A global synthesis of animal phenological responses to climate change », *Nature Climate Change*, 8, 224–228 (2018). Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1038/s41558-018-0067-3>>
- Cohen, S., Bush, E., Zhang, X., Gillett, N., Bonsal, B., Derksen, C., Flato, G., Greenan, B. et Watson, E. (2019). Le contexte national et mondial des changements régionaux au Canada, Chapitre 8 dans *Rapport sur le climat changeant du Canada*, E. Bush et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 424–443. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://changingclimate.ca/CCCR2019/fr/chapitre/8-0/>>
- Collingsworth, P.D., Bunnell, D.B., Murray, M.W., Kao, Y.-C., Feiner, Z.S., Claramunt, R.M., Lofgren, B.M., Höök, T.O. et Ludsin, S.A. (2017). « Climate change as a long-term stressor for the fisheries of the Laurentian Great Lakes of North America », *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 27, 363–391. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s11160-017-9480-3>>
- Conseil canadien des aires écologiques (2014). Une introduction aux écozones. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://ccea-ccae.org/fr/ecozones-introduction/>>
- Convention sur la diversité biologique (1992). Convention sur la diversité biologique, Nations Unies, 28 p. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf>>
- Convention sur la diversité biologique (2020). Article 2 : Emploi des termes. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02>>
- Cottar, S. (2019). « Setting a new precedent: Dyke realignment and managed retreat facilitate coastal climate adaptation in Truro, Nova Scotia ». Canadian Coastal Resilience Forum, Université de Waterloo. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://uwaterloo.ca/canadian-coastal-resilience/blog/post/setting-new-precedent-dyke-realignment-and-managed-retreat>>
- Cressman, P. (2020). « Tłı̨chq̓ Dq̓taats'eedi (les Tłı̨chq̓ partagent de la nourriture parmi la population) » [Présentation à la conférence]. Adaptation Canada 2020, Vancouver, Colombie-Britannique.
- Cruikshank, J. (1998). « The Social Life of Stories: Narrative and Knowledge in the Yukon Territory ». UBC Press, Vancouver, 240 p.
- Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., Hanson, P.J., Irland, L.C., Lugo, A.E., Peterson, C.J., Simberloff, D., Swanson, F.J., Stocks, B.J. et Wotton, B.M. (2001). « Climate change and forest disturbances: climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides », *BioScience*, 51(9), 723–734. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0723:CCAFD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0723:CCAFD]2.0.CO;2)>
- Davidson-Hunt, I. et Berkes, F. (2003). « Learning as you journey: Anishnaabe perception of social-ecological environments and adaptive learning », *Conservation Ecology*, 8(1), 5. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://www.consecol.org/vol8/iss1/art5/>>

de Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L. et Willemsen, L. (2010b). « Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making », *Ecological Complexity*, 7(3), 260–272. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>>

de Groot, R.S., Fisher, B., Christie, M., Aronson, J., Braat, L., Haines-Young, R., Gowdy, J., Maltby, E., Neuville, A., Polasky, S., Portela, R. et Ring, I. (2010a). « Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation », Chapitre 1 dans *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, P. Kumar (éd.). Earthscan, Londres, Royaume-Uni.

Deegan, L.A., Johnson, D.S., Warren, R.S., Peterson, B.J., Fleeger, J.W., Fagherazzi, S. et Wollheim, W.M. (2012). « Coastal eutrophication as a driver of salt marsh loss », *Nature*, 490(7420), 388–392. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1038/nature11533>>

Derksen, C., Burgess, D., Duguay, C., Howell, S., Mudryk, L., Smith, S., Thackeray, C. et Kirchmeier-Young, M. (2018). Évolution de la neige, de la glace et du pergélisol à l'échelle du Canada, Chapitre 5 dans *Rapport sur le climat changeant du Canada*, E. Bush et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 194-260. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://changingclimate.ca/CCCR2019/fr/chapitre/5-0/>>

Donnelly, A., Caffarra, A. et O'Neill, B.F. (2011). « A review of climate-driven mismatches between interdependent phenophases in terrestrial and aquatic ecosystems », *International Journal of Biometeorology*, 55(6), 805–817. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s00484-011-0426-5>>

Duerden, F. et Kuhn, R.G. (1998). « Scale, context, and application of traditional knowledge of the Canadian north », *Polar Record*, 34(188), 31–38. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1017/S0032247400014959>>

Dulvy, N.K., Rogers, S.I., Jennings, S., Stelzenmuller, V., Dye, S.R. et Skjoldal, H.R. (2008). « Climate change and deepening of the North Sea fish assemblage: a biotic indicator of warming seas », *Journal of Applied Ecology*, 45(4), 1029–1039. Consulté en février 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01488.x>>

ECCC [Environnement et Changement climatique Canada] (2017). Programme de rétablissement du pin à écorce blanche (*Pinus albicaulis*) au Canada [Proposition]. *Loi sur les espèces en péril* : Série de Programmes de rétablissement. ECCC, Ottawa, Ontario, 54 p. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/programmes-retablissement/pin-ecorce-blanche-2017.html>>

Ellis, E.C., Klein Goldewijk, K., Siebert, S., Lightman, D. et Ramankutty, N. (2010). « Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000 », *Global Ecology and Biogeography*, 19(5), 589–606. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00540.x>>

Emmerton, C., Cooke, C., Hustins, S., Silins, U., Emelko, M.B., Lewis, T., Kruk, M.K., Taube, N., Zhu, D., Jackson, B., Stone, M., Kerr, J.G. et Orwin, J.F. (2020). « Severe western Canadian wildfire affects water quality even at large basin scales », *Water Research*, 183, 116071. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116071>>

Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (2005). « Ecosystems and human well-being: Synthesis ». Island Press, Washington, DC. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.millenniumassessment.org/fr/index.html>>

Evengard, B., Berner, J., Brubaker, M., Mulvad, G. et Revich, B. (2011). « Climate change and water security with a focus on the Arctic », *Global Health Action*, 4(1), 8449. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.3402/gha.v4i0.8449>>

Eyzaguirre, J., Boyd, R., Prescott, S., Morton, C., Nelitz, M. et Litt, A. (2020). « Green Shores 2020: Impact, Value and Lessons Learned, Final Project Report ». Préparé par ESSA Technologies Ltd. pour le Stewardship Centre for British Columbia. Consulté en mars 2021 sur le site <[http://stewardshipcentrebc.ca/PDF\\_docs/greenshores/Resources/Green%20Shores%202020\\_%20Impact,%20Value%20and%20Lessons%20Learned\\_%20Full%20Report\\_July2020.pdf](http://stewardshipcentrebc.ca/PDF_docs/greenshores/Resources/Green%20Shores%202020_%20Impact,%20Value%20and%20Lessons%20Learned_%20Full%20Report_July2020.pdf)>

Ferguson, M.A.D. et Messier, F. (1997). « Collection and analysis of traditional ecological knowledge about a population of Arctic tundra caribou », *Arctic*, 50(1), 17–28. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.14430/arctic1087>>

Festa-Bianchet, M., Ray, J.C., Boutin, S., Côté, S.D. et Gunn, A. (2011). « Conservation of caribou (*Rangifer tarandus*) in Canada: an uncertain future », *Canadian Journal of Zoology*, 89(5), 419–434. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1139/z11-025>>

Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. et Holling, C.S. (2004). « Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management », *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 557–581. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711>>

Ford, J.D. et Pearce T. (2012). « Climate change vulnerability and adaptation research focusing on the Inuit subsistence sector in Canada: Directions for future research », *The Canadian Geographer*, 56(2), 275–287. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.2012.00418.x>>

- Ford, J.D. et Pearce, T. (2010). « What we know, do not know, and need to know about climate change vulnerability in the western Canadian Arctic: a systematic literature review », *Environmental Research Letters*, 5(1), 1–9. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/1/014008>>
- Ford, L.B. (2009). « Climate Change and Health in Canada », *McGill Journal of Medicine*, 12(1), 78–84. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2687921/>>
- Forum économique mondial (2020). « The Global Risks Report 2020 ». Consulté en juillet 2020 sur le site <<https://fr.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2020>>
- Fraser, R.H., Lantz, T.C., Olthof, I., Koklj, S.V. et Sims, R.A. (2014). « Warming-induced shrub expansion and lichen decline in the western Canadian Arctic », *Ecosystems*, 17(7), 1151–1168. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10021-014-9783-3>>
- Freeman, M.M.R. (1992). « The nature and utility of traditional ecological knowledge », *Northern Perspectives*, 20(1), 9–12. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://www.researchgate.net/publication/269576083\\_The\\_nature\\_and\\_utility\\_of\\_traditional\\_ecological\\_knowledge](https://www.researchgate.net/publication/269576083_The_nature_and_utility_of_traditional_ecological_knowledge)>
- Friends of the Greenbelt Foundation (2011). « Climate Change Adaptation: Ontario's Resilient Greenbelt ». Consulté en mars 2021 sur le site <[https://d3n8a8pro7vhm.cloudfront.net/greenbelt/pages/41/attachments/original/1376571502/Climate\\_Change\\_Adaption\\_Ontario's\\_Resilient\\_Greenbelt.pdf?1376571502](https://d3n8a8pro7vhm.cloudfront.net/greenbelt/pages/41/attachments/original/1376571502/Climate_Change_Adaption_Ontario's_Resilient_Greenbelt.pdf?1376571502)>
- Galloway, C. et Arvidson, V. (réalisateur) (2020). Hoziiidee [Film]. Gouvernement Tłı̨cẖ. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.tlich.ca/news/boots-ground-mini-documentary-about-bathurst-caribou>>
- Gamache, I. et Payette, S. (2005). « Latitudinal response of subarctic tree lines to recent climate change in eastern Canada », *Journal of Biogeography*, 32(5), 849–862. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01182.x>>
- GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2014). Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité. Partie B : Aspects régionaux. Contribution du groupe de travail II au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea et L.L. White (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, États-Unis, 688 p.
- GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2019a). Résumé à l'intention des décideurs dans *Changement climatique et terres émergées : Rapport spécial du GIEC sur le changement climatique, la désertification, la dégradation des sols, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire et les flux de gaz à effet de serre dans les écosystèmes terrestres*, P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley (éd.). Consulté en mars 2021 sur le site <[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL\\_SPM\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_fr.pdf)>
- GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2019b). Résumé à l'intention des décideurs dans *L'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique, Rapport spécial du GIEC*, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (éd.). Consulté en mars 2021 sur le site <[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2020/07/SROCC\\_SPM\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2020/07/SROCC_SPM_fr.pdf)>
- Gonzalez, P., Neilson, R.P., Lenihan, J.M. et Drapek, R.J. (2010). « Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change », *Global Ecology and Biogeography*, 19(6), 755–768. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00558.x>>
- Gouvernement de l'Ontario (2005). Ceinture de verdure (Loi de 2005 sur la), L.O. 2005, chap. 1. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.ontario.ca/fr/lois/loi/05g01>>
- Gouvernement de l'Ontario (2015). Stratégie de l'Ontario en matière de changement climatique. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.ontario.ca/fr/page/strategie-de-lontario-en-matiere-de-changement-climatique>>
- Gouvernement de la Colombie-Britannique (2021). « Whitebark Pine Restoration ». Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/plants-animals-ecosystems/species-ecosystems-at-risk/implementation/conservation-projects-partnerships/whitebark-pine-restoration>>
- Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest (2005). « Policy 53.03 : Traditional knowledge ». Northwest Territories Policy. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.eia.gov.nt.ca/sites/eia/files/content/53.03-traditional-knowledge.pdf>>
- Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest (s.d.). Caribou de la toundra, Harde de Bathurst. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.enr.gov.nt.ca/fr/services/caribou-de-la-toundra>>
- Gouvernement du Canada (2011). Registre public des espèces en péril, Profil d'espèce, Pin à écorce blanche. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://faune-especes.canada.ca/registre-especes-peril/species/speciesDetails\\_f.cfm?sid=1086](https://faune-especes.canada.ca/registre-especes-peril/species/speciesDetails_f.cfm?sid=1086)>

- Gouvernement du Canada (2014). Le sixième rapport du Canada sur les changements climatiques : Mesures prises pour mettre en œuvre les engagements du Canada sous la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 288 p. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_natcom/submitted\\_natcom/application/pdf/nc6\\_can\\_resubmission\\_french.pdf](https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/nc6_can_resubmission_french.pdf)>
- Gouvernement du Canada (2020). Aires conservées au Canada. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/aires-conservees.html>>
- Graumlich, L. et Francis, W.L. (éd.). (2010). « Moving Toward Climate Change Adaptation: The Promise of the Yellowstone to Yukon Conservation Initiative for addressing the Region's Vulnerabilities ». Yellowstone to Yukon Conservation Initiative. Canmore, Alberta. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://y2y.net/wp-content/uploads/sites/69/2019/08/963y2yclimchangeweb.pdf>>
- Gray, C. (2020). « Protecting and Enabling Nature-Based Solutions ». Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.swissre.com/dam/jcr:19ebcb33-03c6-41bb-9047-917c95116b43/nature-based-solutions-pss.pdf>>
- Green Analytics (2016). « Ontario's Good Fortune: Appreciating the Greenbelt's Natural Capital ». Produit pour la Friends of the Greenbelt Foundation, 92 p. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/greenbelt/pages/2825/attachments/original/1485878510/OP\\_20\\_Web\\_version\\_2017.pdf?1485878510](https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/greenbelt/pages/2825/attachments/original/1485878510/OP_20_Web_version_2017.pdf?1485878510)>
- Green Shores (2021). « Green Shores Shoreline Development Program ». Consulté en mars 2021 sur le site <<https://stewardshipcentrebc.ca/green-shores-home/gs-programs/gssd/>>
- Greenberg, D.A., Blanchard, W., Smith, B. et Barrow, E. (2012). « Climate change, mean sea level and high tides in the Bay of Fundy », *Atmosphere-Ocean*, 50(3), 261–276. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1080/07055900.2012.668670>>
- Groupe de travail sur l'adaptation et la biodiversité (2018). Rapport de situation sur l'adaptation. Plateforme canadienne d'adaptation aux changements climatiques. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/Rapport-du-groupe-de-travail-sur-ladaptation-et-la-biodiversite.pdf>>
- Guilbault, S. (2016). « Kingston: Using the urban forest to mitigate the urban heat island effect in Cities Adapt to Extreme Heat: Celebrating Local Leadership ». Institut de prévention des sinistres catastrophiques, 56–59. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://www.iclr.org/wp-content/uploads/PDFS/11-Kingston.pdf>>
- Gunderson, L. (1999). « Resilience, flexibility and adaptive management – Antidotes for spurious certitudes? », *Conservation Ecology*, 3(1), 7. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://www.ecologyandsociety.org/vol3/iss1.art7/>>
- Haines-Young, R., Potschin, M. et Kienast, F. (2012). « Indicators of ecosystem service potential at European scales: mapping marginal changes and trade-offs », *Ecological Indicators*, 21, 39–53. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.004>>
- Hall, C.M. et Saarinen, J. (2010). « Tourism and Change in Polar Regions: Climate, Environments and Experiences ». Routledge, New York, 337 p.
- Hällfors, M.H., Aikio, S. et Schulman, L.E. (2017). « Quantifying the need and potential of assisted migration », *Biological Conservation*, 205, 34–41. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.11.023>>
- Halpern, B.S., McLeod, K.L., Rosenberg, A.A. et Crowder, L.B. (2008). « Managing for cumulative impacts in ecosystem-based management through ocean zoning », *Ocean and Coastal Management*, 51(3), 203–211. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2007.08.002>>
- Hansen, B.B., Aanes, R., Herfindal, I., Kohler, J. et Sæther, B.-E. (2011b). « Climate, icing, and wild arctic reindeer: Past relationships and future prospects », *Ecology*, 92(10), 1917–1923. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1890/11-0095.1>>
- Hansen, L.J. et Hoffman, J.R. (2011a). « Climate Savvy: Adapting Conservation and Resource Management to a Changing World ». Island Press, Washington, D.C. 245 p.
- Hanson, A. et Calkins, L. (1996). « Wetlands of the Maritime Provinces: revised documentation for the wetlands inventory », Environnement Canada, Service canadien de la faune, Région de l'Atlantique. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://www.publications.gc.ca/site/fra/9.857785/publication.html>>
- Harlan, J. (1995). « The Living Fields: Our Agricultural Heritage ». Cambridge University Press, New York, New York, États-Unis, 288 p.
- Hartig, E.K., Gornitz, V., Kolker, A., Mushacke, F. et Fallon, D. (2002). « Anthropogenic and climate-change impacts on salt marshes of Jamaica Bay, New York City », *Wetlands*, 22(1), 71–89. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2002\)022\[0071:AACCIO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2002)022[0071:AACCIO]2.0.CO;2)>
- Hill, G.B. et Henry, G.H. (2011). « Responses of High Arctic wet sedge tundra to climate warming since 1980 », *Global Change Biology*, 17(1), 276–287. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02244.x>>
- Holling, C.S. et Meffe, G.K. (1996). « Command and control and the pathology of natural resource management », *Conservation Biology*, 10(2), 328–337. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10020328.x>>

Hoover, C., Ostertag, S., Hornby, C., Parker, C., Hansen-Craik, K., Loseto, L. et Pearce, T. (2016). « The continued importance of hunting for future Inuit food security », *Solutions*, 7(4), 40–51. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://thesolutionsjournal.com/2016/08/20/continued-importance-hunting-future-inuit-food-security/>>

Hope, E.S., McKenney, D.W., Pedlar, J.H., Stocks, B.J. et Gauthier, S. (2016). « Wildlife suppression costs for Canada under a changing climate », *PLoS One*, 11(8), e0157425. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157425>>

Houde, N. (2007). « The Six Faces of Traditional Ecological Knowledge Challenges and Opportunities for Canadian Co-Management Arrangements », *Ecology and Society*, 12(2), 34. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art34/>>

Huggel, C., Clague, J.J. et Korup, O. (2011). « Is climate change responsible for changing landslide activity in high mountains? », *Earth Surface Processes and Landforms*, 37(1), 77–91. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1002/esp.2223>>

Huntington, H.P. (1998). « Observations on the utility of the semi-directive interview for documenting ecological knowledge », *Arctic*, 51(3), 237–242. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://dx.doi.org/10.14430/arctic1065>>

IANM [Municipal Natural Assets Initiative] (2019). « What are municipal natural assets: defining and scoping municipal natural assets, Decision-maker summary ». Consulté en mars 2021 sur le site <[https://mnai.ca/media/2019/07/SP\\_MNAI\\_Report-1-June2019-2.pdf](https://mnai.ca/media/2019/07/SP_MNAI_Report-1-June2019-2.pdf)>

ICF (2018). « Best Practices and Resources on Climate Resilient Natural Infrastructure ». Préparé pour le Conseil canadien des ministres de l'Environnement. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.preventionweb.net/publications/view/64196>>

IIDD [Institut international du développement durable] (2019). « Sustainable Asset Valuation Tool: Natural Infrastructure ». Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.iisd.org/publications/sustainable-asset-valuation-tool-natural-infrastructure>>

IPBES [Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques] (2016). Résumé à l'intention des décideurs dans *Rapport d'évaluation sur les pollinisateurs, la pollinisation et la production alimentaire*, S.G. Potts, V.L. Imperatriz-Fonseca, H.T. Ngo, J.C. Biesmeijer, T.D. Breeze, L.V. Dicks, L.A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A.J. Vanbergen, M.A. Aizen, S.A. Cunningham, C. Eardley, B.M. Freitas, N. Gallai, P.G. Kevan, A. Kovcs-Hostynszki, P.K. Kwabong, J. Li, X. Li, D.J. Martins, G. Nates-Parra, J.S. Pettis, R. Rader et B.F. Viana (éd.), 36 p. Secrétariat de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/2016\\_spm\\_pollination-fr.pdf](https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/2016_spm_pollination-fr.pdf)>

IPBES [Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques] (2018). « The regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas », J. Rice, C.S. Seixas, M.E. Zaccagnini, M. Bedoya-Gaitán et N. Valderrama (éd.). Secrétariat de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques, Bonn, Allemagne, 656p. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://ipbes.net/assessment-reports/americas>>

Johnson, C.J., Croft, B., Gunn, A. et Poirier, L.M. (2012). « Gauging climate change effects at local scales: weather-based indices to monitor insect harassment in caribou », *Ecological Applications*, 22(6), 1838–1851. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1890/11-0569.1>>

Johnson, M. (1992a). « Dene traditional knowledge », *Northern Perspectives*, 20(1), 2. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://www.carc.org/pubs.v20no1/dene.htm>>

Johnson, M. (éd.) (1992b). « Lore : Capturing Traditional Environmental Knowledge ». Institut culturel déné et Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Canada, 200 p. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.idrc.ca/fr/livres/lore-capturing-traditional-environmental-knowledge>>

Joly, K., Duffy, P.A. et Rupp, T.S. (2012). « Stimulating the effects of climate change on fire regimes in Arctic biomes: implications for caribou and moose habitat », *Ecosphere*, 3(5), 1–18. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://dx.doi.org/10.1890/ES12-00012.1>>

Jones, K.R., Klein, C.J., Halpern, B.S., Venter, O., Grantham, H., Kuempel, C.D., Shumway, N., Friedlander, A.M., Possingham, H.P. et Watson, J.E.M. (2018). « The location and protection status of Earth's diminishing marine wilderness », *Current Biology*, 28(15), 2506–2512. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.06.010>>

Kareiva, P., Ruckelshaus, M., Arkema, K., Geller, G., Girvetz, E., Goodrich, D., Nelson, E., Matzek, V., Pinsky, M., Reid, W., Saunders, M., Semmens, D. et Tallis, H. (2012). « Impacts of climate change on ecosystem services », Chapitre 4 dans *Impacts of Climate Change on Biodiversity, Ecosystems, and Ecosystem Services: Technical Input to the 2013 National Climate Assessment*, Staudinger, M.D., Grimm, N.B., Staudt, A., Carter, S.L., Stuart III, F.S., Kareiva, P., Ruckelshaus, M. et Stein, B.A. (éd.), Cooperative Report to the 2013 National Climate Assessment, 296 p. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://pubs.er.usgs.gov/publication/70039460>>

Keenan, R.J. (2015). « Climate change impacts and adaptation in forest management: a review », *Annals of Forest Science*, 72, 145–167. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s13595-014-0446-5>>

- Keesstra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z. et Cerdà, A. (2018). « The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services », *Science of the Total Environment*, 610–611, 997–1009. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.077>>
- Kelly, B.C. et Gobas, F.A.P.C. (2001). « Bioaccumulation of persistent organic pollutants in lichen-caribou-wolf food chains of Canada's central and western Arctic », *Environmental Science and Technology*, 35(2), 325–334. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://doi.org/10.1021/es0011966>>
- Kerr, J.T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S.G., Roberts, S.M., Rasmont, P., Schweiger, O., Colla, S.R., Richardson, L.L., Wagner, D.L., Gall, L.F., Sikes, D.S. et Pantoja, A. (2015). « Climate change impacts on bumblebees converge across continents », *Science*, 349(6244), 177–180. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1126/science.aaa7031>>
- Kohler, T., Wehrli, A. et Jurek, M. (éd.) (2014). « Mountains and climate change: a global concern ». Sustainable Mountain Development Series. Bern, Suisse, Centre pour le développement et l'environnement (CDE), Direction suisse du développement et de la coopération (DDC) et Geographica Bernensia, 136 p.
- Körner, C. et Basler, D. (2010). « Phenology under global warming », *Science*, 327(5972), 1461–1462. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1126/science.1186473>>
- Kortsch, S., Primiceria, R., Fossheim, M., Dolgov, A.V. et Aschan, M. (2015). « Climate change alters the structure of arctic marine food webs due to poleward shifts to boreal generalists », *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1814). Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1546>>
- Kress, S.W., Shannon, P. et O'Neal, C. (2016). « Recent changes in the diet and survival of Atlantic puffin chicks in the face of climate change and commercial fishing in midcoast Maine, USA », *FACETS*, 1(1), 27–43. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1139/facets-2015-0009>>
- Kueppers, L. M., Torn, M. et Harte, J. (2007). « Quantifying ecosystem feedbacks to climate change: Observational needs and priorities ». A report to the Office of Biological and Environmental Research and the Office of Science, U. S. Department of Energy. Consulté en mars 2021 sur le site <[http://faculty.ucmerced.edu/lkueppers/pdf/Feedbacks%20Report%20pq\\_10May07.pdf](http://faculty.ucmerced.edu/lkueppers/pdf/Feedbacks%20Report%20pq_10May07.pdf)>
- Kurz, W.A. et Apps, M.J. (1999). « A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector », *Ecological Applications*, 9(2), 526–547. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1999\)009\[0526:AYRAOC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1999)009[0526:AYRAOC]2.0.CO;2)>
- Kurz, W.A., Dymond, C.C., Stinson, G., Rampley, G.J., Neilson, E.T., Carroll, A.L., Ebata, T. et Satranyik, L. (2008). « Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change », *Nature*, 452, 987–990. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1038/nature06777>>
- Lal, R. (2008). « Carbon sequestration », *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences*, 363(1492), 815–830. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2185>>
- Lamont, G., Readshaw, J., Robinson, C. et St-Germain, P. (2014). « Greening Shorelines to Enhance Resilience: An Evaluation of Approaches for Adaptation to Sea Level Rise ». Rapport préparé par SNC-Lavalin Inc. pour le Stewardship Centre for British Columbia. Consulté en mars 2021 sur le site <[http://www.stewardshipcentrebc.ca/PDF\\_docs/greenshores/Resources/Greening\\_Shorelines\\_to\\_Enhance\\_Resilience.pdf](http://www.stewardshipcentrebc.ca/PDF_docs/greenshores/Resources/Greening_Shorelines_to_Enhance_Resilience.pdf)>
- Lane, J.E., Czenze, Z.J., Findlay-Robinson, R. et Bayne, E. (2019). « Phenotypic plasticity and local adaptation in a wild hibernator evaluated through reciprocal translocation », *The American Naturalist*, 194(4), 516–528. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1086/702313>>
- Leadley, P., Proença, V., Fernández-Manjarrés, J., Pereira, H.M., Alkemade, R., Biggs, R., Burley, E., Cheung, W., Cooper, D., Figueiredo, J., Gilman, E., Guénette, S., Hurt, G., Mbow, C., Oberdorff, T., Revenga, C., Scharlemann, J.P.W., Scholes, R., Smith, M.S., Sumaila, U.R. et Walpole, M. (2014). « Interacting Regional-Scale Regime Shifts for Biodiversity and Ecosystem Services », *BioScience*, 64(8), 665–679. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://dx.doi.org/10.1093/biosci/biu093>>
- Leighton, P.A., Koffi, J.K., Pelcat, Y., Lindsay, L.R. et Ogden, N.H. (2012). « Predicting the speed of tick invasion: an empirical model of range expansion for the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in Canada », *Journal of Applied Ecology*, 49(2), 457–464. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02112.x>>
- Lemmen, D.S., Warren, F.J., James, T.S. et Mercer Clarke, C.S.L. (éd.) (2016). Le littoral maritime du Canada face à l'évolution du climat. Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 274 p. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://www.rncan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/le-littoral-maritime-du-canada-face-levolution-du-climat/18391?\\_ga=2.97097688.653900817.1618232875-286424467.1617901367](https://www.rncan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/le-littoral-maritime-du-canada-face-levolution-du-climat/18391?_ga=2.97097688.653900817.1618232875-286424467.1617901367)>
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M.J. et Marchetti, M. (2010). « Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems », *Forest Ecology and Management*, 259(4), 698–709. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023>>

- Lipton, D., Rubenstein, M.A., Weiskopf, S.R., Carter, S., Peterson, J., Crozier, L., Fogarty, M., Gaichas, S., Hyde, K.J.W., Morelli, T.L., Morisette, J., Moustahfid, H., Muñoz, R., Poudel, R., Staudinger, M.D., Stock, C., Thompson, L., Waples, R. et Weltzin, J.F. (2018). « Ecosystems, ecosystem services, and biodiversity », Chapitre 7 dans *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment*, volume II, D.R. Reidmiller, C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock et B.C. Stewart (éd.). Programme de recherche sur les changements climatiques des États-Unis, Washington, D.C., États-Unis, 268–321. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.7930/NCA4.2018.CH7>>
- Livesley, S.J., McPherson, E.G. et Calfapietrac, C. (2016). « The urban forest and ecosystem services: impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale », *Journal of Environmental Quality*, 45(1), 119–124. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567>>
- Luyssaert, S., Schulze, E.-D., Börner, A., Knohl, A., Hessenmöller, D., Law, B.E., Ciais, P. et Grace, J. (2008). « Old-growth forests as global carbon sinks », *Nature*, 455(7210), 213–215. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1038/nature07276>>
- Mace, G. M., Norris, K. et Fitter, A. H. (2012). « Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship », *Trends in Ecology and Evolution*, 27(1), 19–26. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>>
- Mailhot, J. (1993). Le savoir écologique traditionnel : la variabilité des systèmes de connaissance et leur étude. Évaluation environnementale du projet Grande-Baleine. Dossier-synthèse no 4. Bureau de soutien de l'examen public du projet Grande-Baleine, Montréal, Canada.
- Malhi, Y., Franklin, J., Seddon, N., Solan, M., Turner, M.G., Field, C.B. et Knowlton, N. (2020). « Climate change and ecosystems: threats, opportunities and solutions », *Philosophical Transactions of the Royal Society B; Biological Sciences*, 375(1794). Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0104>>
- Mallory, C.D. et Boyce, M.S. (2017). « Observed and predicted effects of climate change on Arctic caribou and reindeer », *Environmental Reviews*, 26(1), 13–25. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1139/er-2017-0032>>
- Mauro, F. et Hardison, P. (2000). « Traditional knowledge of Indigenous and local communities: International debate and policy initiatives », *Ecological Applications*, 10(5), 1263–1269. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1263:TKOIAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1263:TKOIAL]2.0.CO;2)>
- McLane, S.C. et Aitken, S.N. (2012). « Whitebark pine (*Pinus albicaulis*) assisted migration potential: testing establishment north of the species range », *Ecological Applications*, 22(1), 142–153. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1890/11-0329.1>>
- Mead, E., Gittelsohm, J., Kratzmann, M., Roache, C. et Sharma, S. (2010). « Impact of the changing food environment on dietary practices of an Inuit population in Arctic Canada », *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 23(s1), 18–26. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1365-277x.2010.01102.x>>
- Meredith, M., Sommerkorn, M., Cassotta, S., Derksen, C., Ekaykin, A., Hollowed, A., Kofinas, G., Mackintosh, A., Melbourne-Thomas, J., Muelbert, M.M.C., Ottersen, G., Pritchard, H. et Schuur, E.A.G. (2019). « Polar regions », Chapitre 3 dans *L'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique, Rapport spécial du GIEC*, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama et N.M. Weyer (éd.). Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/chapter-3-2/>>
- Michaelian, M., Hogg, E.H., Hall, R.J. et Arsenault, E. (2010). « Massive mortality of aspen following severe drought along the southern edge of the Canadian boreal forest », *Global Change Biology*, 17(6), 2084–2094. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://dx.doi.org/10.1111%2Fj.1365-2486.2010.02357.x>>
- Mina, M., Bugmann, H., Cordonnier, T., Irauschek, F., Klopčic, M. (2017). « Future ecosystem services from European mountain forests under climate change », *Journal of Applied Ecology*, 54(2), 389–401. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12772>>
- Ministère des Affaires municipales (2017). Plan de la ceinture de verdure (2017). Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.ontario.ca/fr/document/plan-de-la-ceinture-de-verdure-2017>>
- Ministère des Pêches et des Océans Canada (2019). Les océans du Canada maintenant : Écosystèmes de l'Arctique, 2019. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/40837385.pdf>>
- Ministre des Approvisionnements et Services Canada (1995). Stratégie canadienne de la biodiversité : Réponse du Canada à la Convention sur la diversité biologique. Environnement Canada, Hull, Québec. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://biodivcanada.chm-cbd.net/fr/documents/strategie-canadienne-de-la-biodiversite>>
- Mitchell, M.G., Schuster, R., Jacob, A.L., Hanna, D.E., Ouellet Dallaire, C., Raudsepp-Hearne, C., Bennett, E.M., Lehner, B. et Chan, K.M. (2021). « Identifying key ecosystem service providing areas to inform national-scale conservation planning », *Environmental Research Letters*, 16(1). Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc121>>
- Mitsch, W.J. et Gosselink, J.G. (2015). « Wetlands » (5e éd.). Wiley, Hoboken, New Jersey, États-Unis, 752 p.

- Møller, A.P., Rubolini, D. et Lehikoinen, E. (2008). « Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(42), 16,195–16,200. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1073/pnas.0803825105>>
- Moller, H., Charleton, K., Knight, B., Lyver, P.O.B. (2009a). « Traditional ecological knowledge and scientific inference of prey availability: harvests of sooty shearwater (*Puffinus griseus*) chicks by Rakiura Māori », *New Zealand Journal of Zoology*, 36(3), 259–274. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1080/03014220909510154>>
- Moller, H., Lyver, P.O.B., Bragg, C., Newman, J., Clucas, R., Fletcher, D., Kitson, J., McKechnie, S., Scott, D. et Rakiura Titi Islands Administering Body (2009b). « Guidelines for cross-cultural participatory action research partnerships: a case study of a customary seabird harvest in New Zealand », *New Zealand Journal of Zoology*, 36(3), 211–241. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1080/03014220909510152>>
- Morris, R.L., Konlechner, T.M., Ghisalberti, M. et Swearer, S.E. (2018). « From grey to green: Efficacy of eco-engineering solutions for nature-based coastal defence », *Global Change Biology*, 24(5), 1827–1842. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/gcb.14063>>
- Morton, E.M. et Rafferty, N.E. (2017). « Plant-pollinator interactions under climate change: the use of spatial and temporal transplants », *Applications in Plant Sciences*, 5(6), *Special issue: Studying plant-pollinator interactions facing climate change and changing environments*. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.3732/apps.1600133>>
- Myers-Smith, I.H., Forbes, B.C., Wilmking, M., Hallinger, M., Lantz, T., Blok, D., Tape, K.D., Macias-Fauria, M., Sass-Klaassen, U., Lévesque, E., Boudreau, S., Ropars, P., Hermanutz, L., Trant, A., Siegwart Collier, L., Weijers, S., Rozema, J., Rayback, S.A., Martin Schmidt, N., Schaepman-Strub, G., Wipf, S., Rixen, C., Ménard, C.B., Venn, S., Goetz, S., Andreu-Hayles, L., Elmendorf, S., Ravolainen, V., Welker, J., Grogan, P., Epstein, H.E. et Hik, D.S. (2011). « Shrub expansion in tundra ecosystems: dynamics, impacts and research priorities », *Environmental Research Letters*, 6(4), 1–15. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/4/045509>>
- Naidoo, R., Balmford, A., Costanza, R., Fisher, B., Green, R.E., Lehner, B., Malcom, T.R. et Ricketts, T.H. (2008). « Global mapping of ecosystem services and conservation priorities », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(28), 9495–9500. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1073/pnas.0707823105>>
- Nakashima, D.J., Galloway McLean, K., Thulstrup, H.D., Ramos Castillo, A. et Rubris, J.T. (2012). « Weathering Uncertainty: Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation ». UNESCO, Paris, Université des Nations Unies, Darwin, 120 p.
- Nantel, P., Pellatt, M.G., Keenleyside, K. et Gray, P.A. (2014). Biodiversité et aires protégées, Chapitre 6 dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatifs aux impacts et à l'adaptation*, F.J. Warren et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 159-190. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.nrcan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/vivre-avec-les-changements-climatiques-au-canada-perspectives-des-secteurs-relatifs-aux-impacts-et/16310?ga=2.105025860.653900817.1618232875-286424467.1617901367>>
- Narayan, S., Beck, M.W., Reguero, B.G., Losada, I.J., van Wesenbeeck, B. Pontee, N., Sanchirico, J.N., Ingram, J.C., Lange, G.-M. et Burks-Copes, K.A. (2016). « The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature-based defences », *PLoS ONE*, 11(5), e0154735. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154735>>
- Neis, B., Felt, L.F., Haedrich, R.L. et Schneider, D.C. (1999). « An interdisciplinary method for collecting and integrating fishers' ecological knowledge into resource management » dans *Fishing place, fishing people: traditions and issues in Canadian small-scale fisheries*, D. Newell et R.E. Ommer (éd.). Presses de l'Université de Toronto, Toronto, Canada, 217–238.
- Nelson E.J., Kareiva, P., Ruckelshaus, M., Arkema, K., Geller, G., Girvetz, E., Goodrich, D., Matzek, V., Pinsky, M., Reid, W., Saunders, M., Semmens, D. et Tallis, H. (2013). « Climate change's impact on key ecosystem services and the human well-being they support in the US », *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(9), 483–493. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1890/120312>>
- Nickels, S. (1999). « Importance of experiential context for understanding indigenous ecological knowledge: the Algonquins of Barriere Lake, Québec » (Dissertation). Université McGill, Montréal, Canada.
- Noongwook, G., Village autochtone de Savoonga, Village autochtone de Gambell, Huntington, H.P. et George, J.C. (2007). « Traditional knowledge of the bowhead whale (*Balaena mysticetus*) around St. Lawrence Island, Alaska », *Arctic*, 60(1), 47–54. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://dx.doi.org/10.14430/arctic264>>
- Nowak, D.J. et Crane, D.E. (2001). « Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA », *Environmental Pollution*, 116(3), 381–389. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00214-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00214-7)>
- Ogden, N.H., Koffi, J.K., Pelcat, Y. et Lindsay, L.R. (2014). « Risque environnemental pour la maladie de Lyme dans l'est et le centre du Canada : un sommaire d'informations récentes en matière de surveillance », *Relevé des maladies transmissibles au Canada*, 40(5), 74–82. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/rapports-publications/releve-maladies-transmissibles-canada-rmtc/numero-mensuel/2014-40/rmtc-volume-40-5-6-mars-2014/rmtc-volume-40-5-6-mars-2014.html>>

- Okey, T.A., Alidina, H.M., Lo, V. et Jessen, S. (2014). « Effects of climate change on Canada's Pacific marine ecosystems: a summary of scientific knowledge », *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24(2), 519–559. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s11160-014-9342-1>>
- Olsson, P., Folke, C. et Berkes, F. (2004). « Adaptive co-management for building resilience in social-ecological systems », *Environmental Management*, 34(1), 75–90. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s00267-003-0101-7>>
- Organisation de coopération et de développement économiques (2019). Financer la biodiversité, agir pour l'économie et les entreprises. Rapport préparé pour la réunion des ministres de l'Environnement du G7, les 5 et 6 mai 2019. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.oecd.org/fr/env/ressources/biodiversite/biodiversity-finance-and-the-economic-and-business-case-for-action.htm>>
- Palacios-Abrantes, J., Reygondeau, G., Wabnitz, C.C. et Cheung, W.W. (2020). « The transboundary nature of the world's exploited marine species », *Scientific Reports*, 10(1), 1–12. Consulté en février 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1038/s41598-020-74644-2>>
- Palomo, I. (2017). « Climate change impacts on ecosystem services in high mountain areas: a literature review », *Mountain Research and Development*, 37(2), 179–187. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-16-00110.1>>
- Parlee, B., Berkes, F. et Conseil des ressources renouvelables des Gwich'in Teet'it (2005). « Health of the land, health of the people: a case study on Gwich'in berry harvesting from northern Canada », *EcoHealth*, 2, 127–137. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10393-005-3870-z>>
- Pearce, T., Ford, J., Caron, A. et Kudlak, B.P. (2012). « Climate change adaptation planning in remote, resource-dependent communities: an Arctic example », *Regional Environmental Change*, 12(4), 825–837. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10113-012-0297-2>>
- Pearce, T., Ford, J., Cunsolo Willox, A. et Smit, B. (2015). « Inuit Traditional Knowledge (TEK), subsistence hunting and adaptation to climate change in the Canadian Arctic », *Arctic*, 68(2), 233–245. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.14430/arctic4475>>
- Pearce, T., Ford, J.D., Duerden, F., Smit, B., Andrachuk, M., Berrang-Ford, L. et Smith, T. (2011). « Advancing adaptation planning for climate change in the Inuvialuit Settlement Region (ISR): A review and critique », *Regional Environmental Change*, 11(1), 1–17. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10113-010-0126-4>>
- Pearson, R.G., Phillips, S.J., Loranty, M.M., Beck, P.S.A., Damoulas, T., Knight, S.J. et Goetz, S.J. (2013). « Shifts in Arctic vegetation and associated feedbacks under climate change », *Nature Climate Change*, 3, 673–677. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1038/nclimate1858>>
- Pithan, F. et Mauritsen, T. (2014). « Arctic amplification dominated by temperature feedbacks in contemporary climate models », *Nature Geoscience*, 7, 181–184. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://doi.org/10.1038/NGEO2071>>
- PNUE [Programme des Nations Unies pour l'environnement] (2014). « Green Infrastructure: guide for water management, ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects ». Consulté en mars 2021 sur le site <<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9291/-Green%20infrastructure%3a%20guide%20for%20water%20management%20%20-2014unep-dhigroup-green-infrastructure-guide-en.pdf?sequence=3&isAllowed=y>>
- Poesch, M.S., Chavarie, L., Chu, C., Pandit, S.N. et Tonn, W. (2016). « Climate Change Impacts on Freshwater Fishes: A Canadian Perspective », *Fisheries*, 41(7), 385–391. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1080/03632415.2016.1180285>>
- Pohl, G.R., Schmidt, B.C., Lafontaine, J.D., Landry, J.-F., Anweiler, G.G. et Bird, C.D. (2014). « Moths and butterflies of the prairies ecozone in Canada » dans *Arthropods of Canadian Grasslands, Volume 4 : Biodiversity and Systematics, Part 2*. Commission biologique du Canada, 169–239; D.J. Giberson et H.A. Cárcamo (éd.). Consulté en mars 2021 sur le site <[https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=35856&lang=fr\\_CA](https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=35856&lang=fr_CA)>
- Poloczanska, E.S., Burrows, M.T., Brown, C.J., Garcia Molinos, J., Halpern, B.S., Hoegh-Guldberg, O., Kappel, C.V., Moore, P.J., Rochardson, A.J., Schoeman, D.S. et Sydemand, W.J. (2016). « Responses of Marine Organisms to Climate Change across Oceans », *Frontiers in Marine Science*, 3(62), 1–21. Consulté en octobre 2020 sur le site <<https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00062>>
- Pontee, N. (2013). « Defining coastal squeeze: a discussion », *Ocean & Coastal Management*, 84, 204–207. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.07.010>>
- Rahman, M.A., Armson, D. et Ennos, A.R. (2015). « A comparison of the growth and cooling effectiveness of five commonly planted urban tree species », *Urban Ecosystems*, 18(2), 371–389. Consulté sur le site <<https://doi.org/10.1007/s11252-014-0407-7>>
- Raymond, C.M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M.R., Geneletti, D. et Calfapietra, C. (2017). « A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas », *Environmental Science & Policy*, 77, 15–24. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008>>

- Rees, W.G., Hofgaard, A., Boudreau, S., Cairns, D.M., Harper, K., Mamet, S., Mathisen, I., Swirad, Z. et Tutubalina, O. (2020). « Is subarctic forest advance able to keep pace with climate change? », *Global Change Biology*, 26(7), 3965–3977. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/gcb.15113>>
- Retsa, A., Schelske, O., Wilke, B., Rutherford, G. et de Jong, R. (2020). « Biodiversity and Ecosystem Services: a business case for re/insurance ». Swiss Re Management Ltd., L. Kelly (éd.), 60 p. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.swissre.com/institute/research/topics-and-risk-dialogues/climate-and-natural-catastrophe-risk/expertise-publication-biodiversity-and-ecosystems-services.html>>
- Rocca, M.E., Brown, P.M., MacDonald, L.H. et Carrico, C.M. (2014). « Climate change impacts on fire regimes and key ecosystem services in Rocky Mountain forests », *Forest Ecology and Management*, 327, 290–305. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.005>>
- Rudmann-Maurer, K., Spehn, E. et Körner, C. (2014). « Biodiversity in Mountains: Nature Heritage Under Threat » dans *Mountains and climate change: a global concern*, Kohler, T., Wehrli, A. et Jurek, M. (éd.). Sustainable Mountain Development Series. Bern, Suisse, Centre pour le développement et l'environnement (CDE), Direction suisse du développement et de la coopération (DDC) et Geographica Bernensia, 136 p.
- Saad, C., Boulanger, Y., Beaudet, M., Gachon, P., Ruel, J.-C. et Gauthier, S. (2017). « Potential impact of climate change on the risk of windthrow in eastern Canada's forests », *Climatic Change*, 143(3-4), 487–501. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10584-017-1995-z>>
- Sáenz-Romero, C., O'Neill, G., Aitken, S.N. et Lindig-Ciseros, R. (2021). « Assisted Migration Field Tests in Canada and Mexico: Lessons, Limitations, and Challenges », *Forests*, 12(9), 1–19. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://dx.doi.org/10.3390/f12010009>>
- Savard, J.-P., van Proosdij, D. et O'Carroll, S. (2014). Perspectives relatives à la région de la côte Est du Canada, Chapitre 4 dans *Le littoral maritime du Canada face à l'évolution du climat*, D.S. Lemmen, F.J. Warren, T.S. James et C.S.L. Mercer Clarke (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 99-152. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://www.rncan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/le-littoral-maritime-du-canada-face-levolution-du-climat/18391?\\_ga=2.264920648.653900817.1618232875-286424467.1617901367](https://www.rncan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/le-littoral-maritime-du-canada-face-levolution-du-climat/18391?_ga=2.264920648.653900817.1618232875-286424467.1617901367)>
- SCBC [Stewardship Centre for British Columbia] (2020). « Green Shores Case Studies: New Brighton Park Shoareline Habitat Restoration Project ». Consulté en mars 2021 sur le site <<https://stewardshipcentrebc.ca/new-brighton-park/>>
- SCBC [Stewardship Centre for British Columbia] (s.d.). Page d'accueil du Stewardship Centre for British Columbia. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://stewardshipcentrebc.ca/green-shores-home/gs-about/>>
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J.A., Folke, C. et Walker, B. (2001). « Catastrophic shifts in ecosystems », *Nature*, 413, 591–596. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://dx.doi.org/10.1038/35098000>>
- Scheffers, B.R., De Meester, L., Bridge, T.C.L., Hoffmann, A.A., Pandolfi, J.M. et coll. (2016). « The broad footprint of climate change from genes to biomes to people », *Science*, 354(6313), 719–730. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1126/science.aaf7671>>
- Scholes, R.J. (2016). « Climate change and ecosystem services », *WIREs Climate Change*, 7(4), 537–550. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1002/wcc.404>>
- Schroeder, D. (2010). « Fire behaviour in thinned jack pine: two case studies of FireSmart treatments in Canada's Northwest Territories », FPInnovations, région de l'Est, Pointe-Claire, Québec et région de l'Ouest, Vancouver, Colombie-Britannique, *Advantage Report*, 12(7), 12.
- Schuster, R., Germain, R.R., Bennett, J.R., Reo, N.J. et Arcese, P. (2019). « Vertebrate biodiversity on indigenous-managed lands in Australia, Brazil, and Canada equals that in protected areas », *Environmental Science and Policy*, 101, 1–6. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.07.002>>
- Schuur, E.A.G., Bockheim, J., Canadell, E.E., Field, C.B., Goryachkin, S.V., Hagemann, S., Kuhry, P., Laflleur, P.M., Lee, H., Mazhitova, G., Nelson, F.E., Rinke, A., Romanosvsky, V.E., Shiklomanov, N., Tarnocai, C., Venevsky, S., Vogel, J.G. et Zimov, S.A. (2008). « Vulnerability of permafrost carbon to climate change: Implications for the global carbon cycle », *BioScience*, 58(8), 701–714. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1641/B580807>>
- Schuur, E.A.G., McGuire, A.D., Schädel, C., Grosse, G., Harden, J.W., Hayes, D.J., Hugelius, G., Koven, C.D., Kuhry, P., Lawrence, D.M., Natali, S.M., Olefeldt, D., Romanovsky, V.E., Schaefer, K., Turetsky, M.R., Treat, C.C. et Vonk, J.E. (2015). « Climate change and the permafrost carbon feedback », *Nature*, 520, 171–179. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1038/nature14338>>
- Screen, J.A. et Simmonds, I. (2010). « The central role of diminishing sea ice in recent Arctic temperature amplification », *Nature*, 464, 1334–1337. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://doi.org/10.1038/nature09051>>
- Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C.A.J., Smith, A. et Turner, B. (2020). « Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges », *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1794). Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>>

SENE Consultants Ltd. (2011). « Kingston's Urban Forest Management Plan: a plan for city-owned trees ». Préparé pour la ville de Kingston. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.cityofkingston.ca/residents/environment-sustainability/nature-forests-gardens/urban-forest-management-plan>>

Service canadien des glaces (2007). « Canadian Ice Service digital archive – regional charts: Canadian Ice Service ice regime regions (CISIRR) and sub-regions with associated data quality indices ». Service canadien des glaces, Archive Documentation Series, no 3, 90 p.

Sherren, K., Bowron, T., Graham, J.M., Rahman, H.M.T. et van Proosdij, D. (2019). Réalignement d'infrastructures côtières et restauration d'un marais salé en Nouvelle-Écosse (Canada), Chapitre 5 dans *Hausse du niveau des mers : Les approches des pays de l'OCDE face aux risques côtiers*, 111–135, Éditions OCDE, Paris, France. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://www.oecd-ilibrary.org/fr/environment/hausse-du-niveau-des-mers\\_9789264312999-fr](https://www.oecd-ilibrary.org/fr/environment/hausse-du-niveau-des-mers_9789264312999-fr)>

Shreve, C.M. et Kelman, I. (2014). « Does mitigation save? Reviewing cost-benefit analyses of disaster risk reduction », *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 10(A), 213–235. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2014.08.004>>

Shugar, D.H. et Clague, J.J. (2018). « Changing glaciers, changing rivers » dans *State of the Mountains Report*, Parrott, L., Robinson, Z. et Hik, D. (éd.). Alpine Club of Canada, Canmore, Alberta, 23 p.

Sinnett, D. (2018). « Mitigating air pollution and the urban heat island effect: The roles of urban trees » dans *Handbook of Urban Ecology*, Routledge [Sous presse]. I. Douglas, D. Goode, M. Houck et D. Maddox (éd.). Consulté en mars 2021 sur le site <<http://eprints.uwe.ac.uk/38014>>

SNC-Lavalin Inc. (2018). « Design Basis for the Living Dike Concept ». Rapport préparé pour West Coast Environment Law. Document no : 644868-1000-41EB-0001, Rev 1. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.wcel.org/publication/design-basis-living-dike-concept>>

Statistique Canada (2013). L'activité humaine et l'environnement : Mesure des biens et services écosystémiques au Canada. Statistique Canada, Division des comptes et de la statistique de l'environnement. Consulté en mars 2021 sur le site <[https://www150.statcan.gc.ca/n1/en/pub/16-201-x/16-201-x2013000-fra.pdf?st=jS\\_oifjP](https://www150.statcan.gc.ca/n1/en/pub/16-201-x/16-201-x2013000-fra.pdf?st=jS_oifjP)>

Staudt A., Leidner, A.K., Howard, J., Brauman, K.A., Dukes, J.S., Hansen, L.J., Paukert, C., Sabo, J. et Solórzano, L.A. (2013). « The added complications of climate change: understanding and managing biodiversity and ecosystems », *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(9), 494–501. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1890/120275>>

Ste-Marie, C. (2014). Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : examen de la migration assistée des espèces d'arbres et de son rôle potentiel dans l'adaptation de l'aménagement forestier durable aux changements climatiques. Conseil canadien des ministres des forêts, Ottawa, Ontario. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.ccmf.org/communiqu%C3%A9s/adapter-lamenagement-forestier-durable-aux-changements-climatiques-examen-de-la-migration-assistee-des-especes-darbres-et-de-son-role-potentiel-dans-ladaptation-de-l/>>

Stern, G.A. et Gaden, A. (2015). « Synthesis and Recommendations » dans *Science to Policy in the Western and Central Canadian Arctic: An Integrated Regional Impact Study (IRIS) of Climate Change and Modernization*, Bell, T. et Brown, T (éd.). ArcticNet, ville de Québec, 40 p. Consulté en mars 2021 sur le site <[http://www.arcticnet.ulaval.ca/pdf/media/29170\\_IRIS\\_East\\_full%20report\\_web.pdf](http://www.arcticnet.ulaval.ca/pdf/media/29170_IRIS_East_full%20report_web.pdf)>

Stewart, E.J., Dawson, J., Howell, S.E.L., Johnston, M.E., Pearce, T. et Lemelin, H. (2012). « Local-level responses to sea ice change and cruise tourism in Arctic Canada's Northwest Passage », *Polar Geography*, 36(1-2), 142–162. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1080/1088937X.2012.705352>>

Stirling, I. et Derocher, A.E. (2012). « Effects of climate warming on polar bears: a review of the evidence », *Global Change Biology*, 18(9), 2694–2706. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02753.x>>

Stralberg, D., Wang, X., Parisien, M. A., Robinne, F.N., Sólymos, P., Mahon, C.L., Nielsen, S.E. et Bayne, E.M. (2018). « Wildfire-mediated vegetation change in boreal forests of Alberta, Canada », *Ecosphere*, 9(3), e02156. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1002/ecs2.2156>>

Sturrock, R.N., Frankel, S.J., Brown, A.V., Hennon, P.E., Kliejunas, J.T., Lewis, K.J., Worrall, J.J. et Woods, A.J. (2011). « Climate change and forest diseases », *Plant Pathology*, 60(1), 133–149. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02406.x>>

Tarnocai, C., Canadell, J.G., Schuur, E.A.G., Kuhry, P., Mazhitova, G. et Zimov, S. (2009). « Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region », *Global Biogeochemical Cycles*, 23(2). Consulté en mars 2021 sur le site <<http://doi.org/10.1029/2008GB003327>>

Taylor, R.B., Forbes, D.L., Frobel, D., Manson, G.K. et Shaw, J. (2014). « Coastal geoscience studies at the Bedford Institute of Oceanography, 1962–2012 » dans *Voyage of Discovery: Fifty Years of Marine Research at Canada's Bedford Institute of Oceanography*, D.N. Nettleship, D.C. Gordon, C.F.M. Lewis et M.P. Latremouille (éd.), Association des amis de l'océan de l'Institut océanographique de Bedford, Dartmouth, Nouvelle-Écosse, 197–204.

- TEEB [L'économie des écosystèmes et de la biodiversité] (2010). L'économie des écosystèmes et de la biodiversité : fondements écologiques et économiques, P. Kumar (éd.). Earthscan, Londres et Washington, D.C., 456 p.
- Tennant, C. et Menounos, B. (2013). « Glacier change of the Columbia Icefield, Canadian Rocky Mountains, 1919–2009 », *Journal of Glaciology*, 59(216), 671–686. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.3189/2013JoG12J135>>
- Van der Putten, W.H., Macel, M. et Visser, M.E. (2010). « Predicting species distribution and abundance responses to climate change: why it is essential to include biotic interactions across trophic levels », *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1549), 2025–2034. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0037>>
- Van Lierop, P., Lindquist, E., Sathyapala, S. et Franceschini, G. (2015). « Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events », *Forest Ecology and Management*, 352, 78–88. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.010>>
- van Proosdij, D., MacIsaac, B., Christian, M. et Poirier, E. (2016). « Guidance for Selecting Adaptation Options, Part 1 » dans *Adapting to Climate Change in Coastal Communities of the Atlantic Provinces, Canada: Land use Planning and Engineering and Natural Approaches – Part 3 Engineering Tools Adaptation Options*, V. Leys et D. Bryce (éd.). Consulté en mars 2021 sur le site <<https://atlanticadaptation.ca/fr/islandora/object/acasa%3A789>>
- VanDerWal, J., Murphy, H.T., Kutt, A.S., Perkins, G.C., Bateman, B.L., Perry, J.J. et Reside, A.E. (2013). « Focus on poleward shifts in species' distribution underestimates the fingerprint of climate change », *Nature Climate Change*, 3, 239–243. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1038/nclimate1688>>
- Vavrus, S.J., Holland, M.M., Jahn, A., Bailey, D.A. et Blazey, B.A. (2012). « Twenty-first-century Arctic climate change in CCSM4 », *Journal of Climate*, 25(8), 2696–2710. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00220.1>>
- Ville de Kingston (2019). « Official Plan ». Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.cityofkingston.ca/documents/10180/541790/Official+Plan/17793cad-90db-4651-8092-16c587600001>>
- Ville de Kingston (2021). « Urban Forest Management Plan ». Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.cityofkingston.ca/resident/trees-nature/urban-forest-management-plan>>
- Wamsler, C., Niven, L., Beery, T.H., Bramryd, T., Ekelund, N., Jönsson, K.I., Osmani, A., Palo, T. et Stålhammar, S. (2016). « Operationalizing ecosystem-based adaptation: harnessing ecosystem services to buffer communities against climate change », *Ecology and Society*, 21(1), 31. Consulté en mars 2021 sur le site <<http://dx.doi.org/10.5751/ES-08266-210131>>
- Wang, X., VandenBygaart, A.J. et McConkey, B.C. (2014). « Land Management History of Canadian Grasslands and the Impact on Soil Carbon Storage », *Rangeland Ecology and Management*, 67(4), 333–343. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.2111/REM-D-14-00006.1>>
- Wassmann, P., Duarte, C.M., Agustí, S. et Sejr, M.K. (2011). « Footprints of climate change in the Arctic marine ecosystem », *Global Change Biology*, 17(2), 1235–1249. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02311.x>>
- Waterline Resources Inc., (2013). « Aquifer mapping study, Town of Gibsons, British Columbia ». Consulté en mars 2021 sur le site <<https://gibsons.ca/wp-content/uploads/2018/01/Aquifer-Mapping-Report-Final.pdf>>
- Watson, J.E.M., Venter, O., Lee, J., Jones, K.R., Robinson, J.G., Possingham, H.P. et Allan, J.R. (2018). « Protect the last of the wild », *Nature*, 563, 27–30. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1038/d41586-018-07183-6>>
- Weed, A.S., Ayres, M.P. et Hicke, J.A. (2013). « Consequences of climate change for biotic disturbances in North American Forests », *Ecological Monographs*, 83(4), 441–470. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1890/13-0160.1>>
- Wei, H., Fan, W., Wang, X., Lu, N., Dong, X., Zhao, Y., Ya, X. et Zhao, Y. (2017). « Integrating supply and social demand in ecosystem services assessment: A review », *Ecosystem Services*, 25, 15–27. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.03.017>>
- Wesche, S.D. et Chan, H.M. (2010). « Adapting to the impacts of climate change on food security among Inuit in the western Canadian Arctic », *EcoHealth*, 7(3), 361–373. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10393-010-0344-8>>
- Wilson, J., Trenholm, R., Bornemann, J. et Lieske, D. (2012). « Forecasting Economic Damages from Storm Surge Flooding: A Case Study in the Tantramar Region of New Brunswick ». Préparé pour l'Association des solutions d'adaptation aux changements climatiques de l'Atlantique. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://atlanticadaptation.ca/fr/islandora/object/acasa%253A722>>
- Würzler, S.T., Jonas, T., Wever, N. et Lehning, M. (2016). « Influence of Initial Snowpack Properties on Runoff Formation during Rain-on-Snow Events », *Journal of Hydrometeorology*, 17(6), 1801–1815. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1175/JHM-D-15-0181.1>>
- Yang, L.H. et Rudolf, V.H.W. (2009). « Phenology, ontogeny and the effects of climate change on the timing of species interactions », *Ecology Letters* 13(1), 1–10. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01402.x>>



Yang, Z., Wang, T., Leung, R., Hibbard, K., Janetos, T., Kraucunas, I., Rice, J., Preston, B. et Wilbanks, T. (2014). « A modeling study of coastal inundation induced by storm surge, sea-level rise, and subsidence in the Gulf of Mexico », *Natural Hazards*, 71(3), 1771–1794. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s11069-013-0974-6>>

Yellowstone to Yukon Conservation Initiative (s.d.). « Connecting and protecting habitat from Yellowstone to Yukon so people and nature can thrive ». Consulté en mars 2021 sur le site <[y2y.net](http://y2y.net)>

Zhang, X., Flato, G., Kirchmeier-Young, M., Vincent, L., Wan, H., Wang, X., Rong, R., Fyfe, J., Li, G. et Kharin, V.V. (2019). Les changements de température et de précipitations au Canada, Chapitre 4 dans *Rapport sur le climat changeant du Canada*, E. Bush et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 112-193. Consulté en mars 2021 sur le site <<https://changingclimate.ca/CCCR2019/fr/chapitre/4-0/>>

ZICO [Zones importantes pour la conservation des oiseaux] Canada (s.d.). ZICO Résumé de Site BC017 : « Boundary Bay – Roberts Bank – Sturgeon Bank (Fraser River Estuary) ». Consulté en mars 2021 sur le site <<https://www.ibacanada.ca/site.jsp?siteID=BC017&lang=fr>>

## 5.9 Annexe 1

Le tableau suivant a été élaboré par les membres du collectif d'auteurs pour ce chapitre et reflète leur avis d'expert sur les façons dont les changements climatiques affectent les services écosystémiques au Canada, les conséquences sociales et économiques de ces impacts et les possibilités connexes d'approches fondées sur la nature pour l'adaptation et/ou la réduction des émissions de GES.

**Tableau 5.4 : Services écosystémiques, occasions et menaces**

Services écosystémiques	Menaces des changements climatiques envers les services écosystémiques	Conséquences sociales et économiques des impacts des changements climatiques sur les services écosystémiques	Possibilités d'adaptation fondées sur la nature et/ou de réduction des émissions de GES
<b>CONTRIBUTIONS RÉGULATRICES</b>			
<b>Maintien des options</b>  (c.-à-d. la capacité des écosystèmes à fournir des services et à maintenir des options pour les générations actuelles et futures)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Changement d'utilisation des terres entraînant la disparition d'espèces et d'écosystèmes ainsi que la perte de stockage de carbone</li><li>• Sources d'eau dégradées</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation des coûts pour la société</li><li>• Prévalence accrue de maladies</li><li>• Options limitées pour les générations futures</li><li>• Perte de cultures, de pratiques, de langues et de connaissances locales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Protection d'espèces et d'écosystèmes (p. ex. aires protégées et de conservation autochtones)</li><li>• Restauration des écosystèmes</li></ul>

Services écosystémiques	Menaces des changements climatiques envers les services écosystémiques	Conséquences sociales et économiques des impacts des changements climatiques sur les services écosystémiques	Possibilités d'adaptation fondées sur la nature et/ou de réduction des émissions de GES
<p><b>Régulation du climat</b></p> <p>(c.-à-d. la capacité des écosystèmes à séquestrer et à stocker le carbone)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Changement d'utilisation des terres et déforestation entraînant une réduction des taux de séquestration du carbone</li><li>• Modification de la dynamique des populations de vecteurs</li><li>• Impacts sur l'eau et sur la sécurité alimentaire</li><li>• Réduction de la biodiversité</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perte de moyens de subsistance (p. ex. écotourisme, pêche et sylviculture)</li><li>• Réduction de la sécurité de l'approvisionnement en eau et de la sécurité alimentaire</li><li>• Pertes économiques liées aux inondations, à la sécheresse et à la perte de terres</li><li>• Survenance de réfugiés climatiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Infrastructure verte</li><li>• Reboisement et restauration des écosystèmes</li><li>• Aménagement urbain respectueux du climat, biomimétisme</li></ul>
<p><b>Régulation de la quantité d'eau douce, de son débit et de la répartition des précipitations pendant l'année</b></p> <p>(c.-à-d. l'utilisation de l'eau douce pour la consommation domestique, l'agriculture, l'industrie, le transport et les loisirs)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Modification de la stabilité saisonnière et de la répartition dans le temps des approvisionnements en eau</li><li>• Épuisement des aquifères et des débits de base des cours d'eau et des rivières</li><li>• Déglaciation</li><li>• Perte du couvert végétal</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recours accru aux solutions technologiques pour le stockage et le transport de l'eau</li><li>• Impacts sur la santé humaine</li><li>• Impacts sur les moyens de subsistance</li><li>• Inondations et coûts sociaux, sanitaires et économiques associés</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Restauration des écosystèmes d'eau douce</li><li>• Amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau</li><li>• Infrastructures vertes (p. ex. création de terres humides)</li><li>• Diminution des surfaces imperméables</li><li>• Augmentation de la végétation naturelle dans les zones urbaines et semi-urbaines</li></ul>

Services écosystémiques	Menaces des changements climatiques envers les services écosystémiques	Conséquences sociales et économiques des impacts des changements climatiques sur les services écosystémiques	Possibilités d'adaptation fondées sur la nature et/ou de réduction des émissions de GES
<p><b>Régulation de la qualité des eaux douces et des eaux côtières</b></p> <p>(c.-à-d. la fourniture d'une eau de haute qualité pour la consommation humaine, la biodiversité et le développement économique)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Modification de la dynamique des populations de vecteurs</li><li>• Augmentation de la prévalence des maladies et des ravageurs</li><li>• Changement d'utilisation des terres dans les écosystèmes des hautes terres</li><li>• Contamination suite à des catastrophes naturelles, notamment des inondations</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Impacts sur la santé publique</li><li>• Augmentation des maladies/coûts des soins de santé en raison de la contamination de l'eau</li><li>• Perte économique</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Protection des écosystèmes des hautes terres</li><li>• Révision de la réglementation sur les eaux usées pour exiger un traitement tertiaire et la récupération des ressources</li></ul>
<p><b>Régulation des risques naturels et des phénomènes extrêmes</b></p> <p>(c.-à-d. les écosystèmes sains et biodiversifiés réduisent les impacts des incendies, des inondations, des glissements de terrain, de la sécheresse et des chaleurs extrêmes)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perte de communautés végétales et animales</li><li>• Réduction du stockage à long terme des eaux souterraines</li><li>• Impacts de la chaleur extrême, de la sécheresse et des incendies sur le fonctionnement des écosystèmes</li><li>• Écosystèmes forestiers vulnérables aux incendies</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mortalité</li><li>• Dommages</li><li>• Perte économique</li><li>• Augmentation du coût d'atténuation des risques pour la société</li><li>• Coût de renonciation</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Infrastructures vertes pour atténuer les impacts des phénomènes extrêmes</li><li>• Utilisation de la nature comme espace de refuge et de récupération après des phénomènes extrêmes</li><li>• Incitations à évacuer les zones inondables et à restaurer les écosystèmes naturels au lieu de construire des digues</li></ul>

Services écosystémiques	Menaces des changements climatiques envers les services écosystémiques	Conséquences sociales et économiques des impacts des changements climatiques sur les services écosystémiques	Possibilités d'adaptation fondées sur la nature et/ou de réduction des émissions de GES
<p><b>Création et préservation de l'habitat</b></p> <p>(c.-à-d. un habitat naturel suffisamment intact pour soutenir la biodiversité)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Changement d'utilisation des terres entraînant une perte de services écosystémiques</li><li>• Déplacement des aires de répartition des espèces</li><li>• Perturbation</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Coût de renonciation</li><li>• Réduction de la population d'espèces ayant une importance culturelle et économique pour les collectivités</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation de la connectivité des écosystèmes</li><li>• Infrastructures vertes dans les zones urbaines</li><li>• Connectivité entre les voies de transport</li></ul>
<p><b>Régulation de la qualité de l'air</b></p> <p>(c.-à-d. l'échange de gaz à l'état de traces et le dépôt de matières particulaires par les écosystèmes)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Capacité réduite de régulation en raison d'une pollution excessive</li><li>• Exploitation des forêts</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation des maladies et de la mortalité</li><li>• Augmentation des coûts liés aux soins de santé</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Infrastructures vertes dans les zones urbaines pour accroître les services (p. ex. plantation d'arbres)</li><li>• Reforestation et restauration des écosystèmes</li></ul>
<p><b>Régulation des organismes nuisibles à la population humaine</b></p> <p>(c.-à-d. la contribution de la biodiversité et des écosystèmes à la santé humaine)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Disparition d'habitat</li><li>• Changement d'utilisation des terres</li><li>• Modification de la dynamique des populations de vecteurs</li><li>• Augmentation espèces exotiques envahissantes</li><li>• Perte de la biodiversité; modification de l'aire de répartition des espèces</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation des maladies et de la mortalité liées à des conditions climatiques extrêmes et à des maladies hydriques</li><li>• Augmentation des coûts liés aux soins de santé</li><li>• Pertes économiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Favoriser une plus grande biodiversité dans tous les systèmes</li><li>• Gestion des espèces vecteurs</li></ul>

Services écosystémiques	Menaces des changements climatiques envers les services écosystémiques	Conséquences sociales et économiques des impacts des changements climatiques sur les services écosystémiques	Possibilités d'adaptation fondées sur la nature et/ou de réduction des émissions de GES
<p><b>Pollinisation et dispersion de graines et autres propagules</b></p> <p>(c.-à-d. le rôle des espèces pollinisatrices dans la reproduction des plantes, la production alimentaire et le maintien de la biodiversité terrestre)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Disparition d'habitat</li><li>• Manque de diversité dans les systèmes</li><li>• Pollution environnementale</li><li>• Introduction d'espèces exotiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pertes économiques</li><li>• Perte de traditions et de diversité culturelles</li><li>• Sécurité alimentaire réduite</li><li>• Perte d'aliments pollinisés et de cultures de plantes médicinales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Favoriser une plus grande biodiversité dans tous les systèmes</li><li>• Infrastructure verte (p. ex. pour accroître la connectivité des systèmes, fournir un habitat et des sources de nourriture)</li><li>• Accroître la diversité des systèmes alimentaires</li></ul>
<p><b>Régulation de l'acidification des océans</b></p> <p>(c.-à-d. la contribution des écosystèmes océaniques à la régulation du climat)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Disparition d'écosystèmes côtiers entraînant la perte de possibilités d'atténuation.</li><li>• Pollution environnementale</li><li>• Introduction d'espèces exotiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perte économique (diminution des pêches aux coquillages commerciales et de subsistance)</li><li>• Baisse du tourisme côtier</li><li>• Perte de moyens de subsistance et de secteurs économiques entiers dans certains endroits</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Protection des habitats côtiers</li></ul>



Services écosystémiques	Menaces des changements climatiques envers les services écosystémiques	Conséquences sociales et économiques des impacts des changements climatiques sur les services écosystémiques	Possibilités d'adaptation fondées sur la nature et/ou de réduction des émissions de GES
<p><b>Formation, protection et décontamination des sols et des sédiments</b></p> <p>(p. ex. le rôle du sol dans la fourniture d'eau et de nutriments pour la végétation terrestre; les cycles du carbone et de l'azote à l'échelle planétaire)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Le changement d'utilisation des terres contribuant à la perte de sol et à l'érosion</li><li>• Perte de stockage du carbone</li><li>• Réduction de la quantité et de la qualité de l'eau</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perte économique</li><li>• Risques accrus de maladies causées par des organismes nuisibles et des agents pathogènes</li><li>• Sécurité alimentaire (aliments moins nutritifs)</li><li>• Inondations et relocalisations liées à l'élévation du niveau de la mer</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pratiques de gestion de la biodiversité des sols</li><li>• Pratiques agricoles à faible niveau d'intrants</li></ul>



Services écosystémiques	Menaces des changements climatiques envers les services écosystémiques	Conséquences sociales et économiques des impacts des changements climatiques sur les services écosystémiques	Possibilités d'adaptation fondées sur la nature et/ou de réduction des émissions de GES
-------------------------	--	--	---

CONTRIBUTIONS MATÉRIELLES

<p><b>Aliments pour consommation humaine et animale</b></p> <p>(p. ex. cultures, bétail, pêche, aquaculture, aliments sauvages)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concurrence pour les terres, l'eau et l'énergie</li> <li>• Surexploitation</li> <li>• Disponibilité de terres présentant des conditions climatiques et pédologiques adéquates</li> <li>• Accessibilité des sources d'eau pour l'irrigation</li> <li>• Augmentation de la prévalence d'organismes nuisibles et de contaminants toxiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perte de moyens de subsistance et de secteurs économiques entiers dans certains endroits</li> <li>• Réduction de la sécurité alimentaire (en raison des impacts sur les cultures et sur les pêches)</li> <li>• Perte économique</li> <li>• Dépression et diminution de la sécurité d'emploi pour les travailleurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promouvoir la régulation naturelle des organismes nuisibles</li> <li>• Gestion des services de régulation pour la résilience du système</li> <li>• Gestion des terres humides pour le contrôle des inondations</li> <li>• Réglementation en matière de gestion de l'utilisation des terres qui élargit ou préserve les zones de conservation et les zones agricoles</li> <li>• Déplacer la production plus au nord lorsque les exigences écologiques des espèces le permettent</li> </ul>
---	--	---	--

Services écosystémiques	Menaces des changements climatiques envers les services écosystémiques	Conséquences sociales et économiques des impacts des changements climatiques sur les services écosystémiques	Possibilités d'adaptation fondées sur la nature et/ou de réduction des émissions de GES
<b>Matériaux et assistance</b>  (p. ex. bois et fibres pour les matériaux de construction, vêtements et matières premières)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gestion des feux</li><li>• Dégradation des sols</li><li>• Réduction de la régulation de l'eau et de la qualité de l'eau</li><li>• Entrave aux capacités de stockage du carbone</li><li>• Surexploitation</li><li>• Réduction de la diversité des espèces</li><li>• Intégrité de l'écosystème perturbée</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perte de moyens de subsistance et de secteurs économiques entiers dans certains endroits</li><li>• Perte de traditions et de diversité culturelles</li><li>• Sécurité moindre causée par l'augmentation des incendies</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gestion des feux</li><li>• Gestion naturelle des organismes nuisibles</li><li>• Exigences du code du bâtiment pour les constructions en bois</li></ul>
<b>Énergie</b>  (p. ex. charbon de bois, hydroélectricité, éolien, biomasse, énergie solaire, géothermie)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Une utilisation accrue d'énergies renouvelables</li><li>• Concurrence pour les terres, l'eau et l'énergie</li><li>• Impacts sur la biodiversité</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Impacts sur la sécurité alimentaire et la santé humaine</li><li>• Perte de moyens de subsistance</li></ul>	
<b>Ressources médicinales, biochimiques et génétiques</b>  (p. ex. remèdes dérivés de ressources biochimiques et génétiques)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perte de biodiversité en lien avec le climat</li><li>• Espèces envahissantes</li><li>• Surexploitation</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perte de traditions et de diversité culturelles</li><li>• Impacts sur la santé humaine</li><li>• Risques liés aux maladies</li></ul>	

Services écosystémiques	Menaces des changements climatiques envers les services écosystémiques	Conséquences sociales et économiques des impacts des changements climatiques sur les services écosystémiques	Possibilités d'adaptation fondées sur la nature et/ou de réduction des émissions de GES
<b>CONTRIBUTIONS NON MATÉRIELLES</b>			
<p><b>Apprentissage et inspiration</b></p> <p>(c.-à-d. des possibilités de recherche scientifique, d'art, de restauration et d'inspiration fondées sur la nature)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Changement d'utilisation des terres associé aux zones urbaines</li> <li>• Surexploitation des ressources</li> <li>• Perte de la culture et des coutumes locales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perte de culture, d'identité</li> <li>• Diminution du bien-être</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favoriser une plus grande biodiversité dans tous les systèmes</li> <li>• Gestion axée sur les écosystèmes clés, la biodiversité</li> </ul>
<p><b>Soutien des identités</b></p> <p>(c.-à-d. les lieux physiques qui sont symboliques ou qui font partie des relations sociales formant les identités culturelles)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perte de cultures, de pratiques, de langues et de connaissances locales</li> <li>• Disponibilité restreinte des ressources locales</li> <li>• Perte de la biodiversité d'importance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacts sur la culture, l'identité, le bien-être émotionnel et social.</li> <li>• Diminution du bien-être; impacts sur la santé mentale</li> <li>• Perte de l'économie de subsistance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modélisation socioécologique pour comprendre les impacts des changements climatiques sur l'identité</li> <li>• Les aires protégées et de conservation autochtones (APCA)</li> </ul>
<p><b>Expériences physiques et psychologiques</b></p> <p>(c.-à-d. l'importance de la nature pour la santé physique et mentale)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Changement dans l'utilisation des terres entraînant un accès restreint à la nature.</li> <li>• Perte de la culture et des coutumes locales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacts sur la culture, l'identité, le bien-être émotionnel et social</li> </ul>	

Source : Ce tableau repose sur les avis d'expert du collectif d'auteurs.