



CHAPITRE 4

Ressources
en eau

RAPPORT SUR LES
ENJEUX NATIONAUX



Gouvernement
du Canada

Government
of Canada

Canada



Auteurs coordonnateurs principaux

Hayley Carlson, Global Water Futures Program, Global Institute for Water Security, Université de la Saskatchewan

Alain Pietroniro, Ph. D., ing., Département de génie civil, École d'ingénieurs Schulich, Université de Calgary

Auteurs principaux

Patricia Gober, Ph. D., Global Water Futures Program, Global Institute for Water Security, Université de la Saskatchewan

Wendy Leger, Unité des enjeux relatifs aux eaux limitrophes, Environnement et Changement climatique Canada, gouvernement du Canada

Stephanie Merrill, Global Water Futures Program, Global Institute for Water Security, Université de la Saskatchewan

Auteurs collaborateurs

Laila Balkhi, Université de la Saskatchewan

Sarah Foley, Université de la Saskatchewan

Bob Halliday, R. Halliday & Associates Ltd.

Lawrence Martz, Ph. D., Université de la Saskatchewan

Citation recommandée

Carlson, H., Pietroniro, A., Gober, P., Leger, W., et Merrill, S. (2021) : Ressources en eau; Chapitre 4 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	207
4.1 Introduction	209
4.2 Les changements climatiques posent des risques pour les ressources en eau	210
4.2.1 Changements observés	210
Étude de cas 4.1 : La variabilité extrême du niveau de l'eau dans les Grands Lacs	213
4.2.2 Tendances et projections climatiques	215
4.3 Une coordination efficace entre les systèmes d'eau complexes renforce l'adaptation	217
4.3.1 Introduction	217
4.3.2 Les organisations transfrontalières et de bassins versants	220
Étude de cas 4.2 : Les offices de protection de la nature de l'Ontario et l'adaptation aux changements climatiques dans le bassin versant du lac Simcoe	221
Étude de cas 4.3 : La Commission mixte internationale et la région des Grands Lacs	223
4.3.3 La capacité d'adaptation et la nature changeante de la gouvernance de l'eau	225
4.3.4 Conclusion	228
4.4 L'adaptation progresse grâce à l'innovation et à la gestion adaptative	229
4.4.1 Introduction	229
4.4.2 Les obstacles institutionnels à l'innovation	229
4.4.3 Leadership et champions du secteur de l'eau	230
4.4.4 Participation des intervenants et apprentissage social	231
Étude de cas 4.4 : Aborder la vulnérabilité aux changements climatiques et la gestion durable de l'eau dans le bassin de la rivière Saskatchewan Sud	232
Étude de cas 4.5 : La régularisation des débits sortants des lacs Supérieur et Ontario : faire face à l'incertitude entourant les niveaux d'eau des Grands Lacs	233
4.4.5 Gestion adaptative et expériences dans le secteur de l'eau	234
4.5 Il est indispensable de faire participer le public et de le sensibiliser aux possibilités d'adaptation	239
4.5.1 Introduction	240
4.5.2 Les perceptions relatives à l'eau et aux changements climatiques	241
4.5.3 Obtenir le soutien du public en matière d'adaptation	242
4.5.4 Diversifier les outils politiques	244
Étude de cas 4.6 : L'évolution du discours politique en ce qui concerne les solutions aux dangers associés aux ressources en eau dans les Prairies canadiennes	244



4.5.5 Conclusion	248
4.6 La vulnérabilité des réseaux d'alimentation en eau peut être réduite grâce à des données de qualité et à une conception résiliente	248
4.6.1 Introduction	249
4.6.2 Les systèmes d'information sur l'eau	249
4.6.3 Les infrastructures liées à l'eau	267
Étude de cas 4.7 : Les impacts des changements climatiques sur les infrastructures d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées à Akwesasne	271
4.7 Aller de l'avant	273
4.7.1 Lacunes dans les connaissances et besoins de recherche	273
4.8 Conclusion	275
4.9 Références	277

Messages clés

Les changements climatiques posent des risques pour les ressources en eau (voir la section 4.2)

Les changements climatiques mondiaux ont déjà modifié les configurations des pluies, de la neige, de la glace et de la fonte du pergélisol, exacerbant les problèmes actuels de disponibilité et de qualité de l'eau, tout en modifiant la nature des dangers naturels liés à l'eau, tels que les inondations et les sécheresses, et les moments où ils surviennent.

Une coordination efficace entre les systèmes d'eau complexes renforce l'adaptation (voir la section 4.3)

Les organisations et institutions canadiennes sont inégalement préparées à gérer les risques liés à l'eau associés aux changements climatiques. Des partenariats et des réseaux permettent à des organisations à différentes échelles d'accéder à des ressources supplémentaires, de mettre en commun des connaissances et des risques et de renforcer leur capacité d'adaptation. Les organisations transfrontalières et de bassins versants offrent des perspectives utiles sur la coordination efficace des réseaux d'alimentation en eau avec les différents intervenants aux prises avec une grande incertitude.

L'adaptation progresse grâce à l'innovation et à la gestion adaptative (voir la section 4.4)

Partout au Canada, il existe des exemples prometteurs de coordination et d'innovation dans le secteur de l'eau. Dans le cadre de nouvelles approches, on utilise des scénarios pour examiner les performances des stratégies de prise de décision dans un éventail d'avenirs plausibles, mettre en œuvre des processus itératifs de surveillance et d'ajustement des mesures et faire participer les intervenants à l'apprentissage social, préparant ainsi le terrain pour l'innovation et l'adaptation.

Il est indispensable de faire participer le public et de le sensibiliser aux possibilités d'adaptation (voir la section 4.5)

Une adaptation réussie nécessite l'adhésion du public à la science des changements climatiques et au besoin de mettre en œuvre des politiques d'adaptation. La majorité des Canadiens sont en faveur des politiques visant à résoudre les problèmes liés à l'eau, mais la gestion des ressources en eau figure au bas de leur liste des principaux problèmes, après l'économie, les soins de santé et le coût de la vie. Les phénomènes extrêmes, notamment les inondations, les sécheresses et les épisodes de mauvaise qualité de l'eau, peuvent souvent amener au premier plan l'exigence d'une meilleure gestion de l'eau.



La vulnérabilité des réseaux d'alimentation en eau peut être réduite grâce à des données de qualité et à une conception résiliente (voir la section 4.6)

La réduction des vulnérabilités des réseaux d'alimentation en eau implique l'identification des points faibles sous les conditions climatiques actuelles et futures et l'accès à des données de haute qualité et pertinentes à l'échelle locale. Alors que la qualité et la résolution des données pour la surveillance des changements dans des systèmes environnementaux incertains sont variables, des pratiques de conception résilientes sont en cours d'émergence.

4.1 Introduction

L'eau est le vecteur de nombreux impacts des changements climatiques sur la société et l'environnement (GIEC, 2014). L'eau est une ressource qui varie selon l'emplacement, et la vulnérabilité de la société aux dangers liés aux changements climatiques, comme les impacts découlant des inondations et des sécheresses, diffère d'une région à l'autre. La vulnérabilité aux dangers est également attribuable à la capacité des institutions sociétales à se préparer aux nouveaux risques liés aux changements climatiques et à les gérer de façon appropriée.

La disponibilité de l'eau est naturellement limitée et celle-ci n'est pas toujours au bon endroit au bon moment, ni de qualité adéquate ou en quantité suffisante. Partout au Canada, on a conçu et développé des infrastructures et des systèmes de gestion de l'eau importants et variés, essentiellement sur la base de l'hypothèse selon laquelle la variabilité naturelle passée est un indicateur fiable et solide de la variabilité future (Milly et coll., 2008). Avec les changements climatiques, cette hypothèse n'est plus tout à fait fondée, laissant fréquemment les praticiens et les gestionnaires dans le domaine de l'eau confrontés à des décisions difficiles et complexes (Simonovic, 2017).

Le Canada doit relever des défis particuliers pour adapter ses réseaux d'alimentation en eau aux changements climatiques. Ces défis comprennent notre grande masse terrestre, notre géographie variée, notre situation nordique et notre large éventail de régimes climatiques et hydrologiques, couplés à une panoplie d'utilisations avec ou sans consommation qui contrôlent le calendrier et l'approvisionnement des ressources en eau (Statistique Canada, 2017). Il existe, par exemple, plus de 15 000 barrages de différentes tailles gérés par une myriade d'administrations, dont les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, les municipalités, les irrigateurs, les industries et les services publics, à des fins très diverses, notamment l'hydroélectricité, l'approvisionnement en eau, la lutte contre les inondations, et la gestion des mines et des résidus miniers (Association canadienne des barrages, 2019). La nature très fragmentée de la gouvernance de l'eau est également significative. Bien que la responsabilité constitutionnelle de la gestion des ressources en eau incombe principalement aux provinces, la nature de la ressource signifie que les ressources en eau sont régies et gérées par un système complexe d'intervenants et de partenaires, dont les différents ordres de gouvernement, avec la participation de diverses organisations non gouvernementales, de collectivités locales et d'organisations autochtones et environnementales (Renzetti et Dupont, 2017). Une coordination efficace entre ces unités décisionnelles renforce la capacité à partager les risques, à apprendre les uns des autres et à saisir les occasions de réduire la vulnérabilité.

Ce chapitre évalue les connaissances les plus récentes sur la science climatique et hydrologique et les processus d'adaptation, et applique ces connaissances pour aborder les défis, les besoins et les occasions qui attendent les gestionnaires et les planificateurs des ressources en eau du Canada. La science plaide de manière convaincante en faveur de l'action. Cependant, les forces et les capacités des institutions canadiennes de gestion de l'eau à modifier les systèmes de pratiques habituelles sont tout aussi importantes pour évaluer l'adaptation. Dans un pays vaste et diversifié comme le Canada, il n'est pas surprenant que le rythme de l'adaptation soit inégal, avec plus de preuves de réponses innovantes à l'échelle locale et moins de progrès vers des stratégies globales à l'échelle nationale.

Ce chapitre résume les principaux efforts d'adaptation, tout en évaluant la capacité des institutions canadiennes de gestion de l'eau à répondre aux changements climatiques et aux incertitudes et complexités qui y sont associées. Il se penche sur la capacité de ces institutions à planifier un avenir qui pourrait être considérablement différent du passé, à entamer une conversation sur le type d'avenir que la population souhaite pour la gestion de l'eau et sur les politiques nécessaires pour y parvenir. Il n'est pas encore clair si les systèmes de gouvernance, les pratiques institutionnelles et les programmes de surveillance peuvent changer assez rapidement pour empêcher des perturbations importantes et des occasions manquées. Les changements institutionnels au Canada en matière de ressources en eau se font de façon sporadique et souvent selon une approche ascendante, mais les études de cas examinées dans le présent chapitre montrent que les initiatives locales peuvent servir à orienter une action nationale plus solide.

4.2 Les changements climatiques posent des risques pour les ressources en eau

Les changements climatiques mondiaux ont déjà modifié les configurations des pluies, de la neige, de la glace et de la fonte du pergélisol, exacerbant les problèmes actuels de disponibilité et de qualité de l'eau, tout en modifiant la nature des dangers naturels liés à l'eau, tels que les inondations et les sécheresses, et les moments où ils surviennent.

Les impacts des changements climatiques sur le cycle de l'eau se sont déjà produits, entraînant des dommages aux infrastructures, une augmentation des coûts d'exploitation, une perturbation des saisons d'exploitation et une détérioration de la qualité de l'eau par un excès de nutriments et une prolifération d'algues nuisibles. Les changements dans la disponibilité globale de l'eau devraient être plus prononcés à l'avenir, en particulier en cas de scénarios à fortes émissions. Il n'est cependant pas toujours facile d'isoler les effets des changements climatiques des effets causés par le développement humain, tels que le changement d'affectation des terres. Le développement humain peut exacerber ou réduire les changements induits par le climat, en introduisant une quantité considérable d'incertitudes dans le processus d'adaptation.

4.2.1 Changements observés

Les changements climatiques ont déjà affecté le cycle de l'eau dominé par le froid, au Canada, et ont introduit des risques pour la société et l'environnement (voir la figure 4.1). Les augmentations de température moyennes annuelles observées au Canada sont environ deux fois supérieures à la moyenne mondiale et vont jusqu'à plus de trois fois la moyenne mondiale dans le Nord du Canada (Zhang et coll., 2019). Le [Rapport sur le climat changeant du Canada](#) (Bush et Lemmen, 2019) fait la synthèse des preuves scientifiques les plus récentes des impacts des changements climatiques. Les changements observés dans le rapport qui concernent les ressources en eau comprennent :

- **La fonte de la glace, le dégel du pergélisol et la réduction de la durée d'enneigement.** Les glaciers et les champs de glace fondent, s'amincissent et se retirent à un rythme sans précédent. Le pergélisol s'est réchauffé en de nombreux endroits, de la bordure de la forêt boréale à la toundra, et est en train de disparaître le long de ses frontières méridionales. La proportion de l'année avec enneigement et couverture de glace de lac a diminué de 5 à 10 % par décennie depuis 1981 et l'accumulation saisonnière de neige a diminué dans de nombreuses régions (Derksen et coll., 2019). Ces changements sont particulièrement prononcés dans le Nord du Canada et présentent des risques pour l'intégrité structurelle des infrastructures (Lemmen et coll., 2014) et peuvent perturber les routes maritimes et les routes d'hiver (Campbell et coll., 2014; Lemmen et coll., 2014). Avec le temps, ces changements pourraient également introduire de nouvelles occasions d'exploitation minière et de tourisme dans les régions nordiques (Lemmen et coll., 2014; Kovacs et Thistlewaite, 2014) et devraient accroître la productivité des écosystèmes nordiques à mesure que les nutriments deviennent plus facilement accessibles (Orihel et coll., 2017).
- **L'augmentation des précipitations et la transition de neige à pluie.** En moyenne, les précipitations ont augmenté de 20 % dans toutes les régions depuis 1948. Les plus fortes augmentations ont eu lieu dans le Nord du Canada et dans certaines régions du Manitoba, de l'Ontario, du Nord du Québec et du Canada Atlantique. Les précipitations tombent plus souvent sous forme de pluie que de neige, en particulier au printemps et à l'automne (Zhang et coll., 2019). L'augmentation des précipitations et le ruissellement qui s'ensuit ont été liés à un excès de nutriments dans les réseaux d'alimentation en eau, ce qui a augmenté l'incidence des proliférations d'algues nuisibles (McCullough et coll., 2012).
- **Les changements dans les périodes de disponibilité de l'eau.** Le volume total d'eau qui s'écoule dans un bassin fluvial¹ au cours d'une année moyenne montre très peu de changement, mais des changements significatifs dans la chronologie ont été observés (Bonsal et coll., 2019). Il existe un risque croissant que moins d'eau soit disponible pendant les mois les plus chauds pour la production énergétique (Lemmen et coll., 2014) et alimentaire (Campbell et coll., 2014), car une fonte précoce de la neige contribue à réduire les débits estivaux (Bonsal et coll., 2019). L'englacement des rivières et des lacs se produit maintenant plus tard en hiver et sur une période plus courte, tandis que la débâcle se produit plus tôt au printemps (Derksen et coll., 2019). Ces décalages chronologiques peuvent affecter les activités agricoles et industrielles et perturber les schémas naturels auxquels les écosystèmes se sont adaptés (Islam et coll., 2017; Campbell et coll., 2014).
- **Les changements dans la nature des phénomènes extrêmes.** On constate des changements dans la nature des inondations dans certaines régions, avec davantage d'épisodes de pluie sur la neige, de phénomènes causés par les précipitations et d'inondations printanières plus précoces (Bonsal et coll., 2019). Par exemple, les changements climatiques ont joué un rôle dans les pluies extrêmes qui ont contribué à l'inondation de Calgary en 2013 (Teufel et coll., 2017), à l'inondation d'Assiniboine en 2014 (Szeto et coll., 2015) et aux inondations d'Ottawa en 2017 (Teufel et coll., 2019). Les planificateurs municipaux canadiens classent les tempêtes extrêmes et les

1 Un bassin fluvial désigne la surface de terre qui se draine dans une rivière, y compris ses affluents tels que les ruisseaux. Les bassins versants représentent des sous-unités plus petites d'un bassin fluvial qui captent les précipitations et les drainent vers une source d'eau.

inondations comme les deux impacts les plus fréquents des changements climatiques (McMillan et coll., 2019) et ces phénomènes peuvent augmenter les charges de contaminants dans les réseaux d'alimentation en eau, dégradant ainsi la qualité de l'eau (Gooré Bi et coll., 2015; Jalliffier-Verne et coll., 2015). Bien que coûteux, les changements observés dans les sécheresses à ce jour représentent des variations annuelles par rapport à la normale, plutôt que le produit de tendances à long terme liées aux changements climatiques (Bonsal et coll., 2019).

Jusqu'à présent, ces changements observés ont eu des impacts variés sur le débit annuel moyen des rivières et le niveau des lacs (Bonsal et coll., 2019) en raison de la très forte variation au sein des systèmes naturels et de l'augmentation de l'évaporation (Bonsal et coll., 2019; Bush et coll., 2019). Il subsiste une grande incertitude, notamment en ce qui concerne les prévisions relatives à la chronologie, à l'ampleur et à la direction des changements de précipitations. Par exemple, s'il ne semble pas y avoir de tendances détectables en ce qui concerne les pluies extrêmes de courte durée au Canada (Zhang et coll., 2019), d'autres études constatent des tendances à la hausse de ces phénomènes sur de grandes étendues de l'Amérique du Nord (Kirchmeier-Young et Shang, 2020; Paplexiou et Montanari, 2019). Malheureusement, il ne se dégage pas de consensus dans la littérature, en grande partie parce que les pluies sont extrêmement difficiles à simuler, en particulier la convection estivale. En définitive, les changements signalés sont en réalité une mosaïque de changements différents dans l'ensemble du Canada qui sont fortement influencés par des éléments tels que la latitude, l'altitude et la proximité des lacs, ce qui implique qu'une évaluation pancanadienne est nécessairement très locale. En outre, les décisions de gestion humaine liées à l'affectation des terres, à la gestion de l'eau et à l'évolution des conditions socio-économiques (Bonsal et coll., 2019; Statistique Canada, 2017) peuvent réduire ou exacerber les processus liés aux changements climatiques, et peuvent avoir un impact sur le cycle de l'eau du même ordre de grandeur que les changements hydroclimatiques (Döll et coll., 2015). Par exemple, si certains processus des changements climatiques ont été liés à la détérioration de la qualité de l'eau au Canada, un certain nombre d'études ont également constaté des liens étroits entre l'intensification de l'utilisation des terres, la production agricole et le développement urbain (Weiss et coll., 2018; El-Khoury et coll., 2015; Gooré Bi et coll., 2015; Jalliffier-Verne et coll., 2015; Taranu et coll., 2015). Ces composantes de la gestion humaine introduisent des incertitudes considérables dans les projections futures et des complexités dans la prise de décision ultérieure (voir l'étude de cas 4.1).

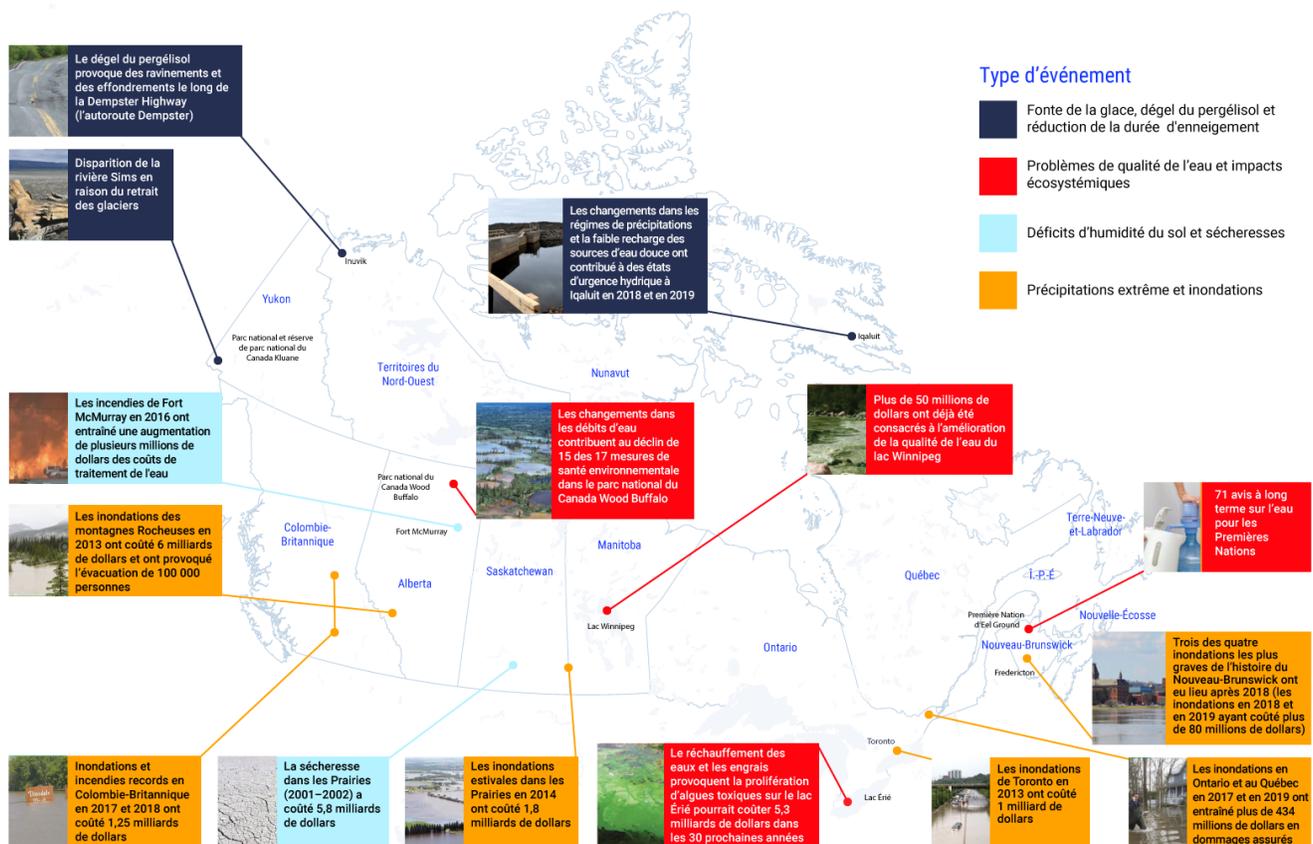


Figure 4.1 : Au Canada, les principaux phénomènes et tendances récents liés aux ressources en eau ont eu des répercussions importantes sur les collectivités et l'économie. Sources : Adapté de Gouvernement du Canada, 2020a, b; Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2019; Bureau d'assurance du Canada, 2019a; McKay, 2019; Ormiston et Sheldon, 2019; Poitras, 2019; Smith et coll., 2019; Wang et Strong, 2019; Abbott et Chapman, 2018; Bakaic, 2017; Environnement et Changement climatique Canada, 2018; Lindsay, 2018; Weber, 2018; Bureau d'assurance du Canada, 2019a, 2017; MacLean, 2017; O'Neill et Burn, 2017; Phillips, 2017; Thurton, 2017; Weikle, 2017; Sills et coll., 2016; Wheaton et coll., 2008; Sécurité publique du Canada, s.d.

Étude de cas 4.1 : La variabilité extrême du niveau de l'eau dans les Grands Lacs

Les Grands Lacs constituent le plus grand système d'eau douce de surface sur Terre et répondent à divers besoins de 30 millions de personnes. Les niveaux d'eau dans l'ensemble des Grands Lacs ont été très élevés en 2019 et ont continué à être élevés en 2020, approchant ou dépassant les niveaux d'eau saisonniers ou les niveaux records enregistrés à différents moments de l'année. En 2019, le lac Supérieur, le lac Sainte-Claire, le lac Érié et le lac Ontario ont tous atteint ou dépassé les niveaux records historiques pour la période enregistrée de 1918 à 2018. Dans le cas du lac Ontario, le nouveau niveau record fixé en 2019 a dépassé le

précédent niveau record fixé seulement deux ans auparavant, en 2017. Le niveau du lac Michigan-Huron, qui a frôlé des niveaux records pendant l'été 2019, est resté élevé tout au long de l'automne et a dépassé les records saisonniers durant l'hiver et le printemps 2020. Les niveaux d'eau élevés ont provoqué des inondations et de l'érosion le long des rives de tous les Grands Lacs, avec des impacts locaux accrus lors de tempêtes générant une action des vagues due au vent (voir la figure 4.2; Office de protection de la nature de Toronto et de la région, 2019; Comité de gestion adaptative des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, 2018). Bien qu'elle se trouve en dehors du bassin des Grands Lacs, la rivière des Outaouais a connu en 2019 ses plus grands débits printaniers jamais enregistrés, dépassant son précédent record atteint deux ans plus tôt, en 2017 (Commission de planification de la régularisation de la rivière des Outaouais, 2019), qui a provoqué des inondations dans tout le bassin de la rivière des Outaouais et en aval sur le fleuve Saint-Laurent. Les collectivités ont dû affronter des situations d'urgence et les organismes de réglementation de l'eau ont essayé d'équilibrer les conditions d'inondation en amont et en aval (Conseil de planification de la régularisation de la rivière des Outaouais, 2019; Comité de gestion adaptative des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, 2018; Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, 2018). Seulement six ans auparavant, les collectivités riveraines des Grands Lacs d'amont s'étaient adaptées à une période de quinze ans de très bas niveaux d'eau, le lac Michigan-Huron ayant atteint un niveau plancher record durant l'hiver 2013 (Gronewold et Rood, 2019; McNeil, 2019).



Figure 4.2 : Niveaux d'eau records et inondations sur un quai près de Saint Catharines, ON (à gauche), et sur une passerelle près de la Place de l'Ontario à Toronto, ON (à droite). Les photos sont une gracieuseté de Environnement et Changement climatique Canada.

Si les fluctuations des niveaux de l'eau sont normales dans les Grands Lacs, ces variations extrêmes entre les niveaux d'eau les plus bas et les plus élevés correspondent à ce à quoi on pourrait s'attendre dans le cadre d'un climat en changement. Les projections pour l'avenir ne se limitent pas à une tendance à la hausse ou à la baisse des niveaux d'eau dans les Grands Lacs, mais prévoient plutôt des périodes plus fréquentes de niveaux très élevés ou très bas (Gronewold et Rood, 2019; Mailhot et coll., 2019; Music et coll., 2015; Notaro et coll., 2015). Comme des niveaux d'eau extrêmes ont été enregistrés dans le passé (1918–2018) (Great Lakes Environmental Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2019;

Service hydrographique du Canada, 2019), il est difficile de déterminer si les conditions records de 2017 et 2019 sont des événements extraordinairement rares pour le climat de cette région ou des événements relativement rares dans un climat en changement (Great Lakes–St. Lawrence River Adaptive Management Committee, 2018). Une étude sur l'attribution des événements réalisée par Teufel et coll. (2019) montre que des événements tels que la forte accumulation de précipitations d'avril 2017 sur le bassin de la rivière des Outaouais sont entre deux et trois fois plus susceptibles de se produire dans le climat actuel qu'ils ne l'étaient dans le climat préindustriel, puisque l'atmosphère actuelle plus chaude retient davantage d'humidité. Les niveaux d'eau records, hauts et bas, dans l'ensemble des Grands Lacs nous rappellent de façon évidente que ces types de conditions extrêmes sont non seulement plausibles, mais qu'ils se produisent effectivement, avec des preuves croissantes de liens avec les changements climatiques. La planification est difficile dans ce contexte, puisque les collectivités riveraines luttent pour s'adapter à des conditions futures incertaines (Gronewold et Rood, 2019; McNeil, 2019).

Il faut gérer l'incertitude dans le cadre de la planification de l'adaptation, plutôt que d'essayer de l'éviter (Kwakkel et coll., 2016). Les perspectives émergentes de la théorie et de la pratique de la gestion adaptative suggèrent que le renforcement de la résilience, c'est-à-dire la capacité à résister à un large éventail de scénarios, dans les systèmes humains et écologiques est un moyen efficace de faire face aux changements environnementaux caractérisés par une incertitude future (Pahl-Wostl, 2008; Panel on Adaptive Management for Resource Stewardship, 2004). Les techniques de gestion adaptative permettent aux planificateurs et aux praticiens d'aller de l'avant avec des décisions et des mesures qui répondent aux besoins et aux conditions actuels, puis de réagir par des modifications si les conditions changent de manière imprévue (Land Trust Alliance, 2019; Wood et coll., 2017). La Commission mixte internationale a adopté une telle approche de gestion adaptative comme moyen de faire face à l'incertitude future concernant les Grands Lacs (voir l'étude de cas 4.5 et la section 4.4.5 pour des exemples dans la région des Grands Lacs).

4.2.2 Tendances et projections climatiques

Les changements combinés de la phase des précipitations (p. ex. pluie ou neige), de la fonte précoce des neiges, du retrait de la couverture de glace et de la diminution de la masse des glaciers affectent le débit des rivières et le niveau des lacs au Canada. Les tendances futures relevées dans le [Rapport sur le climat changeant du Canada](#) (Bush et Lemmen, 2019) et d'autres études comprennent :

- **Une diminution de la disponibilité de l'eau dans les bassins méridionaux, en particulier en été.** À court terme, les précipitations continueront d'augmenter pendant toutes les saisons, mais les précipitations estivales dans le sud du Canada devraient diminuer vers la fin du siècle selon un scénario de fortes émissions (Zhang et coll., 2019). Outre l'augmentation des taux d'évaporation, la fonte précoce de la neige et la diminution de la glace, cette tendance devrait contribuer à réduire les débits annuels dans les bassins intérieurs et les niveaux des lacs dans le sud (Bonsal et coll., 2019), ce qui pourrait déclencher des conflits sociaux et écologiques concernant les ressources en eau de plus en plus rares dans certains bassins (Clark et coll., 2017).

- **Une augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes extrêmes liés à l'eau.** Certaines conditions qui augmentent le risque d'inondation, telles que les pluies extrêmes, devraient être plus fréquentes à l'avenir, augmentant le risque d'inondations locales causées par les pluies, en particulier dans les zones urbaines (Zhang et coll., 2019). Les précipitations extrêmes peuvent entraîner la perte de vies humaines ou la destruction de biens (Simonovic, 2017), affecter les opérations minières, le transport de l'énergie et les infrastructures touristiques (Kovacs et Thistlethwaite, 2014; Lemmen et coll., 2014), ainsi qu'accroître l'érosion des sols et le ruissellement des nutriments, dégradant ainsi la qualité de l'eau (Campbell et coll., 2014; Crossman et coll., 2013). On s'attend à ce que les périodes sèches estivales extrêmes soient de plus en plus fréquentes et qu'elles contribuent aux déficits d'humidité du sol conduisant à la sécheresse, en particulier dans le sud des Prairies et dans les régions intérieures de la Colombie-Britannique (Bonsal et coll., 2019; Zhang et coll., 2019).
- **La diminution de la qualité de l'eau et l'augmentation de la prolifération d'algues nuisibles.** Les changements climatiques risquent fort d'exacerber les problèmes actuels liés à la qualité de l'eau (Liu et coll., 2019; Gooré Bi et coll., 2015; Jalliffier-Verne et coll., 2015). En particulier, on s'attend à ce que des températures plus élevées contribuent à la présence accrue d'algues nuisibles à l'avenir, notamment là où les concentrations de nutriments sont déjà élevées (Orihel et coll., 2017; Paterson et coll., 2017).

Les influences des changements climatiques sur le cycle de l'eau ont déjà des impacts sur les secteurs canadiens de l'alimentation, de l'énergie et des ressources naturelles, ainsi que sur les collectivités et l'environnement naturel. Par exemple, les indemnités versées au titre des assurances dommages en réponse à des phénomènes climatiques extrêmes ont plus que doublé tous les cinq à dix ans depuis les années 1980, et le Bureau d'assurance du Canada estime que pour chaque dollar de perte assurée, les propriétaires de maisons et d'entreprises et les gouvernements dépensent de trois à quatre dollars pour des pertes non assurées (Moudrak et coll., 2018). Depuis 2009, les pertes assurées résultant de catastrophes dues à des phénomènes météorologiques violents au Canada, comme les inondations, se sont élevées en moyenne à 1,4 milliard de dollars par an, comparativement à une moyenne de 400 millions de dollars par an pour la période antérieure (Bureau d'assurance du Canada, 2019b).

La réalité actuelle pour les praticiens du domaine de l'eau dans toutes les régions du Canada est que les protocoles de conception et d'exploitation relatifs à la gestion des ressources en eau sont presque exclusivement basés sur une compréhension historique de la ressource. Toutefois, alors que nous passons à l'Anthropocène (c.-à-d. à l'ère où l'activité humaine exerce une influence prédominante sur le climat et l'environnement), tout indique que l'avenir ne ressemblera plus au passé. L'adaptation aux nouveaux changements est rendue plus complexe par l'interaction entre les changements climatiques et le développement humain, et par l'évolution rapide des conditions socio-économiques. Bien que les incertitudes créent des défis pour l'adaptation, elles ne devraient pas être une entrave à l'action. Elles peuvent plutôt servir comme une incitation à faire face à l'incertitude et à développer des systèmes de gestion plus robustes qui peuvent faire face à la variabilité. Le reste de ce chapitre présente une perspective nationale sur les efforts d'adaptation dans le secteur des ressources en eau, en mettant l'accent sur la manière dont les gouvernements, les collectivités et les sociétés civiles s'adaptent à des changements complexes et incertains.

4.3 Une coordination efficace entre les systèmes d'eau complexes renforce l'adaptation

Les organisations et institutions canadiennes sont inégalement préparées à gérer les risques liés à l'eau associés aux changements climatiques. Des partenariats et des réseaux permettent à des organisations à différentes échelles d'accéder à des ressources supplémentaires, de mettre en commun des connaissances et des risques et de renforcer leur capacité d'adaptation. Les organisations transfrontalières et de bassins versants offrent des perspectives utiles sur la coordination efficace des réseaux d'alimentation en eau avec les différents intervenants aux prises avec une grande incertitude.

La gouvernance canadienne des ressources en eau implique principalement les gouvernements provinciaux et municipaux ou régionaux, avec la participation des gouvernements fédéral et autochtones ainsi que des organisations sociétales civiques telles que les groupes de protection des bassins versants, les organisations environnementales, les fondations philanthropiques et les groupes scientifiques et de recherche. Les défis en matière de capacités se posent souvent dans les collectivités rurales, nordiques et autochtones. La coordination, les accords de partage et les partenariats renforcent la capacité à s'auto-organiser, à partager les risques et à intégrer de multiples sources de connaissances (p. ex. scientifiques, autochtones, sociales, praticiennes). Les réseaux renforcent la capacité institutionnelle à faire face à l'incertitude que représentent les changements climatiques et ils appuient les organisations locales, aident à partager les risques et à intégrer de nouvelles formes de connaissances. Les organisations de bassins versants, comme les offices de protection de la nature de l'Ontario, et les organisations transfrontalières, comme la Commission mixte internationale, illustrent les avantages et les défis de la coordination en ce qui concerne les ressources hydriques partagées.

4.3.1 Introduction

Une stratégie commune d'adaptation aux changements climatiques implique une coordination entre les organisations et les institutions. Une organisation est un groupe de personnes se consacrant à un objectif particulier, tel que la recherche ou un but commercial, tandis qu'une institution est un type d'organisation formelle et fait également référence à des systèmes de pratiques, de normes et de lois ou politiques formelles (Hulbert et Gupta, 2017). Par exemple, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) est une organisation qui fournit un rôle de chef de file mondial et d'expert en matière de coopération internationale pour la prestation et l'utilisation de services météorologiques, climatologiques, hydrologiques et des services environnementaux connexes de haute qualité et faisant autorité. L'OMM ouvre la voie à un plus grand bien commun international, tandis que les pays membres maintiennent leur souveraineté et fournissent des fonds à l'OMM pour qu'elle puisse continuer à jouer ce rôle de surveillance. Le Global Institute for Water Security (GIWS) de l'Université de la Saskatchewan et le Water Institute de l'Université de Waterloo sont des exemples d'institutions qui fonctionnent de manière comparable à une organisation. La définition plus large des institutions dans le domaine de l'eau fait également référence aux lois et politiques officielles sur l'eau (p. ex. la loi sur la durabilité de l'eau en Colombie-Britannique), aux accords de gouvernance de l'eau (p. ex. les districts de conservation en Ontario), aux mécanismes de marché (p. ex. le marché de l'eau de l'Alberta),

aux opinions publiques sur l'eau et les changements climatiques et aux attitudes envers la propriété publique et privée, entre autres choses. Les organisations sont régies par des règles et des règlements, tandis que les institutions sont régies par des coutumes et des valeurs. Les institutions canadiennes responsables des ressources en eau ont profondément enraciné la façon dont nous gérons l'eau et elles sont en cours d'adaptation aux risques hydriques liés aux changements climatiques grâce à de nouvelles ententes institutionnelles, à une meilleure coordination, au partage des risques et au renforcement des capacités (Global Water Futures, 2020). La coordination permet aux institutions de répondre plus rapidement et plus efficacement aux défis posés par un climat incertain en définissant des rôles clairs, en favorisant la mise en commun de renseignements et en mobilisant des ressources supplémentaires (Hurlbert et Diaz, 2013; Bakker et Cook, 2011). Les outils de partage des risques répartissent la capacité à se préparer aux impacts des changements climatiques (Thistlethwaite et Henstra, 2017).

Au Canada, la répartition constitutionnelle des pouvoirs entre les gouvernements fédéral, provinciaux, territoriaux et autochtones ainsi que le rôle des organisations municipales et régionales, font que l'adaptation dans le secteur de l'eau se déroule souvent à différentes échelles (Global Water Futures, 2020; Renzetti et Dupont, 2017; Bakker et Cook, 2011; Sandford et coll., 2011; Simms et de Loë, 2010). Ce contexte décentralisé pour la gouvernance peut conduire à un éventail de mesures d'adaptation dans le secteur de l'eau. D'une part, la fragmentation de la gouvernance entre plusieurs autorités peut entraîner des inefficacités et des redondances (Bakker et Cook, 2011) qui contribuent à une utilisation non durable de l'eau (Renzetti et Dupont, 2017), à un retard dans l'élaboration des politiques (Mitchell, 2017) et à une capacité d'adaptation inégale entre les groupes d'intervenants (Hurlbert et Diaz, 2013). Dans d'autres circonstances, la gouvernance décentralisée permet d'inclure de nombreux groupes et peut produire des résultats qui répondent aux besoins locaux (Bakker et Cook, 2011). Souvent, les groupes intermédiaires tels que les organisations de bassin versant (voir l'étude de cas 4.2) et les organisations de gestion des eaux limitrophes (voir l'étude de cas 4.3) peuvent jouer un rôle important de coordination entre les différents groupes d'intervenants (Clancy, 2014). Les municipalités, les collectivités autochtones et les organisations environnementales sont également de plus en plus souvent intégrées aux activités de gouvernance de l'eau et d'adaptation, en partie en raison du fait que le rôle du gouvernement fédéral dans la gouvernance de l'eau a diminué au cours des dernières décennies (voir l'encadré 4.1; Renzetti et Dupont, 2017; Hurlbert et coll., 2015; Bakker et Cook, 2011; Simms et de Loë, 2010; Hill et coll., 2009; Ivey et coll., 2004). Ces divers ensembles de nouveaux intervenants ont souvent des idées novatrices sur la gestion de l'eau et l'adaptation aux risques qui peuvent transformer les institutions existantes (Clancy, 2014).

Idéalement, les réseaux et les partenariats entre les autorités de gouvernance et les intervenants peuvent jouer un rôle important dans le renforcement de l'adaptation aux changements climatiques dans le secteur canadien de l'eau (Bauer et Steurer, 2014). Une coordination efficace suppose que les programmes soient nécessaires, efficaces, cohérents et exhaustifs (de Loë, 2017). L'amélioration des accords de gouvernance de l'eau est importante pour clarifier les rôles et coordonner les politiques à tous les ordres de gouvernement (Bakker et Cook, 2011; de Loë, 2009), mais aussi dans des secteurs autres que celui de l'eau, tels que l'énergie et l'agriculture (de Loë, 2017; Gober, 2013).

Encadré 4.1 : Gestion des inondations au Canada

Les inondations sont parmi les catastrophes naturelles les plus coûteuses au Canada (Bureau d'assurance du Canada, 2019b; Sécurité publique Canada, 2011). Soixante-quinze pour cent des dépenses annuelles liées aux phénomènes météorologiques dans le cadre du programme fédéral d'Accords d'aide financière en cas de catastrophe sont liées aux inondations (Bureau du directeur parlementaire du budget, 2016).

Historiquement, le gouvernement fédéral a joué un rôle de coordination important dans la réduction des risques d'inondation. En 1970, le Canada a adopté la Loi sur les ressources en eau du Canada afin de concevoir une approche améliorée de la gestion de l'eau qui soit à la fois nationale et exhaustive (Watt, 1995). Le Programme fédéral-provincial/territorial de réduction des dommages dus aux inondations (PRDI) a été lancé en 1976 pour recenser les dangers d'inondation, cartographier les plaines inondables, décourager les aménagements vulnérables aux inondations et encourager une affectation efficace des terres dans les zones inondables. Cette initiative a constitué un tournant important dans l'abandon d'une politique réactive et ad hoc en matière d'inondations au profit d'une approche proactive et d'une philosophie préventive. Entre 1976 et 1999, le PRDI a été le principal mécanisme de coordination des mesures nationales de réduction des risques d'inondation, notamment en facilitant le partage des coûts entre les gouvernements, en appuyant l'élaboration de cartes des risques d'inondation et en aidant à la mise en œuvre de méthodes structurelles et non structurelles de lutte contre les inondations (Scott et coll., 2017; Thistlethwaite et Henstra, 2017; Watt, 1995). À la fin, le programme a désigné 320 zones à risque d'inondation couvrant plus de 900 collectivités urbaines (Ressources naturelles Canada, 2018).

Depuis l'arrêt du PRDI en 1999, la gestion des inondations est devenue très fragmentée et reflète actuellement une capacité d'adaptation inégale à travers le pays. Une étude menée en 2014 sur les approches en matière de risques d'inondation dans l'ensemble du Canada a révélé qu'environ la moitié de la cartographie des inondations existante a été réalisée après l'arrêt du PRDI (Groupe MMM, 2014), 59 % de ces cas se situant en Ontario, 21 % au Québec, 10 % en Colombie-Britannique et les 10 % restants étant répartis dans le reste du pays. Une étude plus récente a révélé que, bien que de nombreuses municipalités canadiennes disposent d'une forme de carte des inondations, la plupart de ces cartes sont de mauvaise qualité et ne sont pas adaptées pour la communication des risques d'inondation au public (Henstra et coll., 2019a). La fragmentation institutionnelle semble être un défi propre au renforcement de la résilience. Lors d'entretiens avec des fonctionnaires municipaux de 15 grandes villes canadiennes, Feltmate et Moudrak (2015) ont constaté que les villes ont fait un minimum de préparatifs en cas d'inondation dans les zones où elles ont une compétence limitée ou partagée, telles que l'alimentation, l'électricité et l'approvisionnement en hydrocarbures. De façon similaire, Morrison et coll. (2018) ont interrogé des experts dans les provinces des Prairies canadiennes et ont indiqué que le manque de coordination entre les différents organismes responsables de la gestion des risques d'inondation était un obstacle au renforcement de la résilience, ce qui se traduit par une répétition des efforts, une expertise cloisonnée et des lacunes en matière de responsabilités.

Les Guides d'orientation fédéraux sur la cartographie des zones inondables fournissent aux gouvernements et aux organisations des ressources, des conseils techniques et un soutien pour la réalisation d'évaluations des risques et la cartographie des plaines inondables. Le premier document de la série, publié en 2018, facilitera une meilleure pratique nationale commune et augmentera la mise en commun et l'utilisation des

renseignements sur les dangers d'inondation (Ressources naturelles Canada, 2018). De plus, Ressources naturelles Canada et Sécurité publique Canada ont publié les Procédures hydrologiques et hydrauliques fédérales pour la délimitation des plaines inondables en 2019, qui fournit des conseils techniques pour soutenir l'élaboration de cartes des dangers d'inondation dans les territoires de compétence canadiens, notamment sur les différents types d'inondations et sur la façon de tenir compte des changements climatiques dans le processus de cartographie des inondations. Au cours des dernières années, les gouvernements de tous les ordres ont investi dans la mise à jour des cartes des inondations pour l'ensemble du pays, lesquelles sont dépassées et ne répondent pas à de normes cohérentes. Même s'il existe des exemples de collectivités et de territoires de compétence qui intègrent les changements climatiques dans la cartographie des inondations (Ressources naturelles Canada et Sécurité publique Canada, 2018), des orientations de portée générale sur la manière d'aborder les impacts potentiels des changements climatiques sur la cartographie des plaines inondables au Canada sont nécessaires.

4.3.2 Les organisations transfrontalières et de bassins versants

Les organisations canadiennes de gestion des ressources en eau dont les mandats chevauchent des limites de compétence et impliquent divers intervenants ont mis en place des structures institutionnelles de coopération afin de promouvoir une compréhension, une confiance et une capacité communes pour régler de manière coordonnée les enjeux complexes et litigieux liés à la gestion de l'eau. Ces groupes peuvent efficacement relier les processus de prise de décision et les priorités à travers les différents paliers et régions, tout en étant bien placés pour continuer à promouvoir une gouvernance participative et adaptative en matière d'eau (Rouillard et Spray, 2017; Mguni, 2015; Cook et coll., 2013). On s'attend à ce que les organisations transfrontalières jouent un rôle particulièrement important dans la résolution des conflits interrégionaux ou internationaux potentiels concernant l'eau qui pourraient être exacerbés par les changements climatiques (De Stefano et coll., 2012). Cependant, la capacité de ces organisations de continuer à collaborer et de répondre aux risques croissants posés par les changements climatiques n'a pas été suffisamment étudiée (Akamani et Wilson, 2011).

Il existe au Canada toute une série d'organisations régionales ayant des mandats relatifs à la gestion de l'eau, dont beaucoup sont basés sur les limites des bassins versants plutôt que sur les frontières politiques. Citons par exemple les conseils consultatifs et de planification des bassins versants de l'Alberta, les associations de bassins versants de la Saskatchewan, les districts de bassins versants du Manitoba, les organismes de bassins versants du Québec, les groupes de bassins versants de l'Île-du-Prince-Édouard, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse, et les offices des eaux du Yukon, des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut. Certains de ces groupes ont un pouvoir législatif, comme les offices de protection de la nature de l'Ontario (voir l'étude de cas 4.2), d'autres sont appuyés financièrement par des programmes des gouvernements provinciaux, comme à l'Île-du-Prince-Édouard et au Nouveau-Brunswick, tandis que d'autres encore existent sous forme d'organismes sans but lucratif ou de groupes gérés par des citoyens, comme le Fraser Basin Council en Colombie-Britannique (Scott et coll., 2017; Conseil canadien des ministres

de l'environnement, 2016). Ces groupes ont joué des rôles clés dans la coordination des mesures de planification de l'adaptation dans l'ensemble du pays (Oulahen et coll., 2018; Mitchell et coll., 2014; Ontario Centre for Climate Impacts and Adaptation Resources, 2011; Sandford et coll., 2011). L'approche de la gouvernance par bassin versant peut lier les activités de gestion de l'eau et de l'affectation des terres, tout en permettant la collaboration entre une gamme d'intervenants en amont et en aval (Mguni, 2015).

Étude de cas 4.2 : Les offices de protection de la nature de l'Ontario et l'adaptation aux changements climatiques dans le bassin versant du lac Simcoe

Les offices de protection de la nature de l'Ontario constituent 36 partenariats entre les municipalités et la province, fondés sur les bassins versants et dotés d'un pouvoir législatif « pour entreprendre des programmes fondés sur les bassins versants afin de protéger les personnes et les biens contre les inondations et les autres risques naturels, et de conserver les ressources naturelles en vue de tirer des avantages économiques, sociaux et environnementaux » (Conservation Ontario, 2020; Scott et coll., 2017). Les offices de protection de la nature ont initialement été créés pour favoriser une plus grande coopération et collaboration entre les différents groupes impliqués dans la gestion de l'eau (Mitchell et coll., 2014), et jouent maintenant un rôle clé dans le renforcement de la résilience aux risques liés à l'eau (Ontario Centre for Climate Impacts and Adaptation Resources, 2011). Par exemple, l'office de protection de la nature de la région du lac Simcoe (OPNRLS; voir la figure 4.3) était l'un des partenaires impliqués dans un projet pilote regroupant plusieurs partenaires afin de développer une stratégie d'adaptation aux changements climatiques pour le bassin versant du lac Simcoe, en Ontario. Ce bassin versant couvre environ 330 000 ha où vivent environ 350 000 personnes et génère plus de 200 millions de dollars par an pour l'économie locale, principalement grâce à l'agriculture et aux loisirs (Lake Simcoe Region Conservation Authority, 2016; Ontario Centre for Climate Impacts and Adaptation Resources, 2012).

Le plan d'adaptation aux changements climatiques a été rendu possible grâce à un certain nombre de mécanismes législatifs et politiques habilitants, notamment la *Loi sur la protection du lac Simcoe* (la première loi au Canada à ne porter que sur un seul bassin versant), le Plan de protection du lac Simcoe (le premier plan en Ontario à intégrer les considérations relatives aux changements climatiques) et le programme L'adaptation au changement climatique : Stratégie et plan d'action de l'Ontario (2011–2014) (Lemieux et coll., 2014). Avec d'autres partenaires, l'OPNRLS a relevé les vulnérabilités actuelles et futures liées aux changements climatiques, telles que l'assèchement des zones humides et la propagation d'espèces aquatiques envahissantes, en utilisant des scénarios futurs de facteurs de stress climatiques et non climatiques. L'équipe a sollicité des idées d'adaptation et les a classées par ordre de priorité en collaboration avec un comité d'experts, en les organisant selon les thèmes suivants : la mobilisation des gens (p. ex. assurer mobilisation communautaire et la coopération et la coordination entre les organismes), la réduction des menaces (p. ex. encourager et appuyer la conservation de l'eau), le renforcement de la capacité d'adaptation (p. ex. déterminer

dans quelle mesure les plans tiennent compte des biens naturels importants et les protègent) et l'amélioration des connaissances (p. ex. instituer une surveillance normalisée des espèces en péril) (Lemieux et coll., 2014).



Figure 4.3 : Une carte du bassin versant du lac Simcoe, en Ontario. Source : Lake Simcoe Region Conservation Authority, 2016

L'OPNRLS effectue actuellement à la mise à jour et à l'amélioration du plan d'adaptation du bassin versant du lac Simcoe. Entre-temps, elle renforce la résilience aux impacts des changements climatiques, principalement en faisant la promotion de projets de développement à faible impact, tels que les infrastructures naturelles (voir la section 4.6.3), et en mettant en œuvre une nouvelle politique de compensation du phosphore. L'excès de phosphore provenant des activités d'utilisation des terres et de leurs conséquences, telles que l'agriculture et le ruissellement urbain, constitue une menace majeure pour la santé actuelle du lac Simcoe, car il dégrade la qualité de l'eau et entraîne une croissance excessive des plantes et des algues aquatiques (Weiss et coll., 2018; Lake Simcoe Region Conservation Authority, 2017). Les changements climatiques exacerbent ce processus en contribuant à des événements pluvieux plus extrêmes et en modifiant la chronologie des flux saisonniers, ce qui affecte les volumes de ruissellement dans le lac (Lake Simcoe Region Conservation Authority, 2013). L'OPNRLS collabore avec des partenaires pour améliorer la gestion des eaux pluviales urbaines et a introduit une politique de compensation qui exige que les nouveaux aménagements contrôlent 100 % du phosphore partant de leur propriété (Lake Simcoe Region Conservation Authority, 2019).

Il existe également une variété d'organisations de gestion des eaux limitrophes au Canada. La plus importante d'entre elles est la Commission mixte internationale (CMI), créée en vertu du Traité des eaux limitrophes de 1909. La CMI est une institution binationale pour la résolution des conflits liés à l'eau et la coopération sur les priorités politiques en matière d'eau de part et d'autre de la frontière entre les États-Unis et le Canada. Il existe au total 13 réseaux hydrographiques transfrontaliers régis par le Traité des eaux limitrophes de 1909, dont les rivières Osoyoos, Kootenay et Columbia, les rivières Saint Mary et Milk, la rivière Souris, la rivière Rouge, la rivière à la Pluie et le lac des Bois, les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent (voir l'étude de cas 4.3), le lac Champlain et la rivière Richelieu ainsi que la rivière Sainte-Croix. Nombre de ces réseaux transfrontaliers peuvent compter sur des conseils, des groupes d'études et des comités de la CMI qui se consacrent aux enjeux de la gestion des eaux binationales. D'autres organisations et accords transfrontaliers portent sur les bassins versants communs à plus d'une administration, tels que la Commission des eaux des provinces des Prairies (l'accord-cadre de répartition de 1969), la Commission de planification de la régularisation de la rivière des Outaouais (accord de 1983 concernant la régularisation du bassin de la rivière des Outaouais) et le Conseil du bassin du fleuve Mackenzie (l'accord-cadre sur les eaux transfrontalières du bassin du fleuve Mackenzie).

Étude de cas 4.3 : La Commission mixte internationale et la région des Grands Lacs

Le rôle de la Commission mixte internationale (CMI) dans la région des Grands Lacs démontre une coordination réussie de la conception et de la mise en œuvre de politiques dans un contexte décentralisé. La région des Grands Lacs abrite l'un des plus grands bassins d'eau douce au monde, lequel répond aux besoins de plus de 30 millions de personnes. La gouvernance régionale de l'eau est caractérisée par un ensemble complexe de politiques et d'accords impliquant deux pays, plus de 75 collectivités des Premières Nations situées le long des côtes, huit États et deux provinces, de nombreuses municipalités et une multitude d'utilisateurs et d'intervenants ayant des rôles et des préoccupations variés. Bien que des questions politiques restent en suspens, les États-Unis et le Canada ont ralenti les dommages écologiques importants dans le bassin (Renzetti et Dupont, 2017; Carmichael et Boyer, 2016), la CMI jouant un rôle clé dans la coordination de la mobilisation des groupes d'intervenants et dans l'achèvement des travaux techniques et politiques relatifs à des questions telles que la réglementation des utilisations partagées de l'eau et de la qualité de l'eau (Johns, 2017). Parmi les activités et les réalisations notables reconnues à l'international (Nations unies, 2015), on peut citer les suivantes :

- Les grandes évaluations transfrontalières intégrées, telles que l'étude du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent (1990–2005) et l'étude internationale des Grands Lacs d'amont (2007–2012). Ces études ont débouché sur des plans de gestion et des règles de fonctionnement souples pour répondre à la variabilité et à l'incertitude du climat (voir l'étude de cas 4.5; Groupe d'étude international des Grands Lacs d'amont, 2012, 2009; Stakhiv et coll., 2006).

- L'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs visant à maintenir l'intégrité chimique, physique et biologique de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. Le Protocole de 2012 sur la qualité de l'eau des Grands Lacs, promulgué dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, est l'un des seuls instruments de coordination transfrontaliers au monde à aborder explicitement les impacts des changements climatiques sur la qualité de l'eau (Nations unies, 2015; Gouvernement du Canada et gouvernement des États-Unis d'Amérique, 2012).
- Un cadre de travail sur les changements climatiques (2018) fournissant des orientations aux groupes d'étude transfrontaliers de la CMI pour aborder les changements climatiques dans les politiques et les opérations afin de maintenir la résilience des réseaux hydrographiques canado-américains (Commission mixte internationale, 2018).

Une partie du succès de la CMI peut être attribuée à ses équipes multidisciplinaires, à son engagement véritable avec les intervenants et à sa volonté d'intégrer de nouvelles méthodes d'apprentissage et de mise en commun de l'information (Straith et coll., 2014).

Si les organisations transfrontalières sont de solides forces de coordination dans le secteur de l'eau au Canada, leurs mandats et les ententes de partage de l'eau tiennent rarement compte des changements climatiques. Des vulnérabilités telles que l'absence d'accords de répartition des débits ou de dispositions contre la sécheresse en période de débit faible ou variable ont été constatées dans le bassin du fleuve Columbia (Garrick, 2017) et le bassin de la rivière Rouge (de Loë, 2009). Dans certains travaux techniques, la Commission des eaux des provinces des Prairies, qui supervise le partage de l'eau entre l'Alberta, la Saskatchewan et le Manitoba, a expressément considéré que les changements climatiques et la sécheresse constituaient des facteurs de stress importants, mais elle estime qu'il est plus difficile de prendre en compte les facteurs socio-économiques changeants et incertains, comme le partage volontaire de l'eau (Global Water Futures, 2020). La CMI tient compte des changements climatiques dans plusieurs produits, notamment dans un cadre de travail visant à orienter les considérations relatives aux changements climatiques entre les groupes d'étude transfrontaliers (Commission mixte internationale, 2018), dans l'annexe sur les impacts des changements climatiques de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (Nations Unies, 2015) et dans la création du Comité de gestion adaptative des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (GAGL) (Commission mixte internationale, 2015). Une approche adaptative de la gestion transfrontalière peut être un moyen efficace de répondre à l'évolution des circonstances et peut comprendre les éléments suivants : des révisions périodiques; des mandats limités; des dispositions spéciales pour répondre aux besoins environnementaux en eau; des mécanismes pour faire face à des circonstances extrêmes, telles que les inondations et les sécheresses; le partage de l'information; la création d'organisations habilitées par les parties à procéder à des ajustements en réponse aux changements de circonstances (voir la section 4.4; de Loë, 2009).

Bien que les organisations de gestion des eaux limitrophes renforcent la capacité d'adaptation du Canada, leur existence ne suffit pas à elle seule. Un manque de leadership dans la coordination des mesures et une incapacité à retenir l'attention politique ont été signalés comme des problèmes qui nuisent aux progrès tant dans la région des Grands Lacs (Johns, 2017) que dans le bassin du fleuve Mackenzie (Morris et de Loë, 2016).

4.3.3 La capacité d'adaptation et la nature changeante de la gouvernance de l'eau

L'accès à un capital technique, humain, social et financier approprié est essentiel à la capacité d'adaptation dans le secteur de l'eau (Hurlbert et Diaz, 2013; Ontario Centre for Climate Impacts and Adaptation Resources, 2011). Les praticiens sur le terrain soulignent le déclin des compétences et des ressources techniques (ICF, 2018; Hamlet, 2011; Patino, 2010), le roulement et l'épuisement professionnel du personnel (Global Water Futures, 2020; Moncrieff-Gould et coll., 2018; Straith et coll., 2014) et le manque de financement stable (Moncrieff-Gould et coll., 2018) comme autant de défis à l'adaptation dans le secteur de l'eau (McMillan et coll., 2019; Oulahen et coll., 2018). Les connaissances contextuelles adaptées au milieu, les réseaux et un large éventail de compétences interdisciplinaires sont tous des atouts permettant de renforcer la capacité d'une collectivité à réagir, à survivre et à s'adapter à des situations liées aux changements climatiques telles que les phénomènes météorologiques extrêmes (Global Water Futures, 2020; Straith et coll., 2014).

Les défis en matière de capacités sont souvent plus évidents dans les collectivités et les organisations qui sont les plus vulnérables aux risques associés à l'eau causés par les changements climatiques, notamment les collectivités rurales, nordiques et autochtones (Global Water Futures, 2020; Archer et coll., 2017; Ecology North, 2017; Clancy, 2014; Willox et coll., 2013; Ford et Pearce, 2010; Wall et Marzell, 2006; Ivey et coll., 2004). En conséquence, ces organisations et ces collectivités sont préparées de façon inégale aux impacts des changements climatiques liés à l'eau. Les contraintes en matière de ressources financières sont particulièrement difficiles pour les groupes non gouvernementaux et les collectivités locales. De nombreuses organisations non gouvernementales du secteur de l'eau sont basées sur le bénévolat ou ne disposent pas de possibilités de financement de base stable et simplifié leur permettant de s'engager dans un réseautage efficace entre elles et avec le public sur des enjeux liés à l'eau (Global Water Futures, 2020; Mitchell et coll., 2014; Telfer et Droitsch, 2011). De même, les sources de revenus stables des membres des collectivités rurales et autochtones sont plus susceptibles de subir des perturbations, telles que des inondations sur les terres cultivées ou dans des zones d'alimentation d'importance culturelle (Fletcher et Knuttila, 2018; Lemmen et coll., 2014; Wandel et coll., 2010; Wall et Marzell, 2006). Toutefois, les collectivités ayant récemment subi des perturbations naturelles liées à l'eau, comme des inondations ou des sécheresses, ont généralement une meilleure capacité d'adaptation que celles qui n'ont pas cette expérience (Di Baldassarre et coll., 2015). Par exemple, la variabilité extrême du climat que connaissent depuis longtemps les collectivités rurales des Prairies canadiennes a généralement accru la capacité d'adaptation dans l'ensemble de cette région, grâce à des adaptations telles que l'expansion des infrastructures d'irrigation et la diversification des cultures (voir le chapitre « [Provinces des Prairies](#) »; Kulshreshtha et coll., 2016; Hurlbert et Diaz, 2013).

En Amérique du Nord, d'importants progrès ont été réalisés au niveau municipal en matière d'adaptation aux changements climatiques (Réseau canadien de l'eau, 2019; Oulahen et coll., 2018). Cependant, les municipalités n'ont souvent pas la capacité de générer les revenus nécessaires à l'entretien et à la modernisation des infrastructures, alors qu'elles sont responsables de 60 % des infrastructures publiques dans l'ensemble du Canada (Global Water Futures, 2020; Moncrieff-Gould et coll., 2018; Thistlethwaite et Henstra, 2017; Miller, 2015). Tandis qu'environ la moitié des municipalités ont entrepris une évaluation des risques encourus par leurs actifs liés à l'eau, moins de 20 % ont officiellement mis en œuvre des stratégies

d'adaptation aux changements climatiques (Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes, 2016). D'autres n'ont procédé à aucune évaluation de la vulnérabilité de leur collectivité aux impacts spécifiques aux changements climatiques (McMillan et coll., 2019). Par conséquent, les collectivités sont inégalement préparées à faire face à des phénomènes extrêmes liés à l'eau comme les inondations (Feltmate et Moudrak, 2015).

Les collectivités autochtones ont fait preuve d'une remarquable résilience face aux changements rapides et importants survenus au cours du siècle dernier. Dans le Nord du Canada, où la température se réchauffe trois fois plus vite que la moyenne mondiale (Bush et Lemmen, 2019), les effets des changements climatiques ont été fortement ressentis par les collectivités inuites en raison de la modification des configurations de la glace de mer, de la fonte du pergélisol et de la perte du manteau neigeux et de la couverture de glace (Inuit Tapiriit Kanatami, 2019). Les collectivités ont déjà dû modifier leur comportement pour composer avec ces changements rapides, notamment en chassant en bateau en eaux libres plutôt que sur la banquise, en utilisant des véhicules tout-terrain plutôt que des motoneiges, et en empruntant les routes maritimes plutôt que les routes intérieures endommagées par le dégel du pergélisol (Berkes et Armitage, 2010). Les collectivités inuites ont une grande capacité d'adaptation, grâce à des systèmes de connaissances qui intègrent le changement et l'incertitude ainsi qu'à des pratiques adaptatives, comme la diversification des périodes et des types d'activités rattachées à la terre (Cameron et coll., 2015; Ford et coll., 2015; Berkes et Armitage, 2010). Cependant, la capacité d'adaptation pourrait ne pas être en mesure de suivre le rythme rapide des changements environnementaux survenant dans le Nord. De plus, de nombreuses stratégies traditionnelles inuites pour gérer le changement continuent d'être sapées par les processus coloniaux qui ont gravement affecté les populations autochtones de l'Arctique (Ford et coll., 2017; Ford et coll., 2015). Les collectivités autochtones ailleurs au Canada sont confrontées à des défis similaires, notamment les effets de la pollution industrielle, les impacts en aval de l'exploitation des barrages hydroélectriques et les problèmes socio-économiques persistants, comme le coût élevé de la vie et les possibilités d'emploi limitées, dont beaucoup découlent de l'héritage permanent du racisme systémique et des politiques coloniales (Global Water Futures, 2020; Archer et coll., 2017; Thompson, 2015; Castleden et Skinner, 2014; Clancy, 2014; Magzul et Rojas, 2006). Ces facteurs aggravants entravent la capacité de ces collectivités à envisager et à entreprendre la planification de l'adaptation des ressources en eau. En raison de priorités concurrentes et de capacités humaines et techniques limitées, les collectivités ne sont pas toujours en mesure de tirer profit des ressources financières pour promouvoir et mettre en œuvre des plans d'adaptation, même lorsque ces ressources sont disponibles (Ecology North, 2017; Ford et Pearce, 2010).

Afin d'accroître la capacité d'adaptation, des organisations de partout au Canada créent des partenariats pour faire face aux risques liés à l'eau découlant des changements climatiques. Il existe des partenariats à différentes échelles (nationale, régionale et locale) et pour différents types d'organisations (gouvernement, industrie, université, société civile) qui facilitent la mise en commun des renseignements (Straith et coll., 2014), le renforcement de la confiance et la coopération (Moore et coll., 2014; Patino, 2010) ainsi que l'ajout de ressources techniques et humaines (Global Water Futures, 2020; Dale et coll., 2019; Hamlet, 2011; Cohen et coll., 2006).

Les institutions nationales et internationales soutiennent également l'auto-organisation locale et le réseautage social en ce qui concerne les enjeux liés à l'eau. À titre d'exemple, prenons le Conseil international pour les initiatives écologiques locales (ICLEI), un réseau de gouvernements locaux et d'employés qui fournit

des capacités techniques et des possibilités de mise en réseau et qui, par conséquent, facilite l'adaptation au niveau municipal. Grâce à sa collaboration avec la Fédération canadienne des municipalités, l'ICLEI est un moteur essentiel de la réduction des gaz à effet de serre et de l'adaptation aux changements climatiques au niveau municipal au Canada (Dale et coll., 2019; Guyadeen et coll., 2018). Alors que de nombreuses provinces ont publié des lignes directrices ou des programmes de financement soutenant l'adaptation à l'échelle locale, l'Ontario a été la première province, en 2017, à adopter des règlements obligeant les municipalités à tenir compte des changements climatiques dans la planification de la gestion des actifs (Réseau canadien de l'eau, 2019). Dans d'autres provinces, des politiques clés en matière d'eau, telles que la Water Modernization Act en Colombie-Britannique, le 25 Year Water Security Plan en Saskatchewan et les Guides to Water Withdrawal Approvals en Nouvelle-Écosse, contribuent à soutenir les réseaux de relations sociales et l'auto-organisation. Par exemple, les politiques peuvent fournir des services d'appoint par des journées et des réunions sur le terrain, en pilotant l'application des pratiques proposées, en soutenant les comités consultatifs locaux et en proposant des ateliers dans des secteurs prioritaires tels que les nouvelles normes et lignes directrices (Bizikova et coll., 2013).

Les outils stratégiques de partage des risques sont un autre moyen de renforcer la capacité à traiter les enjeux liés à l'eau découlant des changements climatiques. Les municipalités canadiennes disposent de divers outils de partage des risques pour faire face aux risques liés aux inondations, notamment des programmes d'assistance en cas de catastrophe qui partagent les coûts de rétablissement après une catastrophe entre les gouvernements fédéral et provinciaux (p. ex. le programme ontarien d'Aide aux municipalités pour la reprise après une catastrophe, le Disaster Recovery Program de l'Alberta, le Provincial Disaster Assistance Program de la Saskatchewan) (Morrison et coll., 2018; Thistlethwaite et Henstra, 2017). Bien qu'il existe une diversité d'approches stratégiques en matière d'inondations au Canada (Morrison et coll., 2018), les villes ne tirent pas toujours parti de l'ensemble des outils de partage de risques offerts (Thistlethwaite et Henstra, 2017). Par exemple, les villes de Calgary et de Toronto ajoutent des frais aux impôts fonciers et aux factures de services publics pour financer les infrastructures d'atténuation des inondations et d'adaptation à celles-ci, mais n'appliquent pas de tarification basée sur le risque (un tarif qui est à peu près proportionnel à la contribution de la propriété au risque d'inondation urbaine), comme moyen d'encourager l'adoption de mesures de protection contre les inondations par les propriétaires (Thistlethwaite et Henstra, 2017). En revanche, Edmonton, Mississauga, Kitchener et Waterloo sont des exemples de municipalités qui imposent des frais d'utilisation pour la gestion des eaux pluviales qui sont approximativement basés sur la contribution de la propriété au ruissellement (EPCOR, 2019; Aquije, 2016). S'il existe de nombreuses méthodes pour financer la gestion des eaux pluviales, notamment les impôts fonciers, les droits d'aménagement et les transferts intergouvernementaux, les redevances d'utilisation peuvent offrir un bon équilibre entre la stabilité des recettes perçues et l'équité (Aquije, 2016).

Les organisations trouvent des moyens de maintenir un savoir institutionnel précieux tout en tissant des liens avec diverses communautés de savoir afin d'améliorer la compréhension des enjeux liés à la gestion de l'eau et des solutions possibles. Par exemple, pour la Commission des eaux des provinces des Prairies, la connaissance contextuelle du travail dans un contexte intergouvernemental est très importante. Pour garantir que ces connaissances soient maintenues malgré le roulement de ses membres, le Conseil a entamé un processus de planification de la succession dans le cadre duquel chaque membre identifie un remplaçant qui partage ses responsabilités et peut donc agir en tant que tel en cas de roulement du personnel (Global Water Futures, 2020). Les connaissances autochtones sont également de plus en plus explicitement reconnues

dans les recherches sur l'eau ainsi que dans les mandats et les pratiques des organismes de gestion des ressources en eau. Par exemple, Northern Voices, la stratégie sur les eaux nordiques des Territoires du Nord-Ouest, comprend explicitement des dispositions relatives à la reconnaissance des droits autochtones et considère les connaissances autochtones comme équivalentes à la science (Global Water Futures, 2020; Sandford et coll., 2011). De même, la Red River Basin Commission a conclu avec l'Organisation des chefs du Sud au Manitoba un protocole d'entente engageant les deux partenaires à travailler en collaboration sur des questions telles que la détérioration de la qualité de l'eau et les inondations (Organisation des chefs du Sud, 2018). À Mittimatalik (Pond Inlet), au Nunavut, des jeunes et des partenaires de soutien utilisent les connaissances traditionnelles des aînés de la collectivité en tandem avec des méthodes scientifiques occidentales, telles que l'échantillonnage de l'eau, pour étudier la fréquence croissante des maladies gastro-intestinales dans la collectivité (Inuit Tapiriit Kanatami, 2019). Une intégration réussie des connaissances autochtones peut mettre en évidence des variables qui n'étaient pas considérées auparavant (Sandford et coll., 2011) et fournir des éléments probants supplémentaires sur la signification des changements (Abu et coll., 2019), bien que cela puisse être difficile dans la pratique (Mantyka-Pringle et coll., 2017). Par exemple, bien que le Conseil du bassin du Mackenzie ait pour mandat d'inclure les peuples autochtones et d'intégrer leurs connaissances, il est difficile de représenter correctement les divers intérêts et connaissances des nombreuses collectivités autochtones dans les travaux du Conseil du bassin du Mackenzie (Morris et de Loë, 2016).

Les partenariats peuvent également comprendre le partage du pouvoir décisionnel, comme dans le cas des ententes de cogestion qui ont résulté des accords de revendications territoriales négociés avec les nations autochtones dans l'ensemble du Canada (Latta, 2018; Zubrycki et coll., 2016). Par exemple, dans les Territoires du Nord-Ouest, les Offices des terres et des eaux de la vallée du Mackenzie, du Sahtu, des Gwich'in et du Wek'èezhii sont quatre offices qui assurent la cogestion des ressources naturelles par les gouvernements territoriaux et fédéral du Canada et par les gouvernements de certains des peuples autochtones qui occupent ces territoires (Tsatsaros et coll., 2018; Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2016). Ces ententes de cogestion ont été mises en œuvre avec plus ou moins de succès, mais, dans l'ensemble, on estime qu'elles améliorent l'accès aux ressources et contribuent aux processus d'apprentissage social et d'échange de connaissances, en particulier en ce qui concerne le rapprochement entre les connaissances autochtones et les connaissances issues des sciences occidentales (voir la section 4.4.4; Mantyka-Pringle et coll., 2017; Armitage et coll., 2011).

4.3.4 Conclusion

L'adaptation offre des possibilités de remédier aux vulnérabilités de nos systèmes de ressources en eau. En règle générale, les progrès réalisés au sujet de la coordination des efforts d'adaptation dans le secteur de l'eau sont inégaux dans l'ensemble du Canada. Les collectivités locales, les organisations autochtones et les organisations de la société civile sont de plus en plus impliquées dans la gouvernance de l'eau, mais ont souvent des capacités limitées pour faire face aux impacts des changements climatiques avec efficacité. De nouvelles configurations organisationnelles, telles que les réseaux basés sur les ressources en eau, offrent la possibilité de tirer parti des capacités existantes et d'assurer une coordination efficace entre la multitude de participants impliqués dans l'adaptation afin de réduire les risques liés à l'eau découlant des changements climatiques.

4.4 L'adaptation progresse grâce à l'innovation et à la gestion adaptative

Partout au Canada, il existe des exemples prometteurs de coordination et d'innovation dans le secteur de l'eau. Dans le cadre de nouvelles approches, on utilise des scénarios pour examiner les performances des stratégies de prise de décision dans un éventail d'avenirs plausibles, mettre en œuvre des processus itératifs de surveillance et d'ajustement des mesures et faire participer les intervenants à l'apprentissage social, préparant ainsi le terrain pour l'innovation et l'adaptation.

Bien que des obstacles institutionnels subsistent, des innovations en matière de gestion de l'eau et d'adaptation aux changements climatiques ont eu lieu dans l'ensemble du Canada. L'innovation dans le secteur de l'eau est stimulée par des dirigeants qui proposent de nouvelles idées et forment des coalitions autour de celles-ci, et par la création d'espaces sûrs pour faire l'expérimentation de politiques. La modélisation exploratoire et les exercices fondés sur des scénarios peuvent susciter l'empathie et le consensus entre les intervenants et conduire à l'élaboration de stratégies d'adaptation à « faible regret » ou « sans regret », qui obtiennent d'assez bons résultats dans un large éventail d'avenirs plausibles. La gestion adaptative fournit un processus systématique et itératif de surveillance et de correction des mesures en fonction des nouveaux renseignements et des circonstances changeantes.

4.4.1 Introduction

La gestion de l'incertitude est un élément fondamental de la planification de l'adaptation dans le secteur des ressources en eau. Le même modèle hydrologique ou de qualité de l'eau avec des données d'entrée des conditions environnementales initiales légèrement différentes peut générer des résultats très variés, en particulier aux échelles locales et régionales où la plupart des mesures d'adaptation ont lieu (Gober, 2018). La gestion adaptative vise à anticiper une large gamme de conditions d'avenir et à réduire l'exposition aux risques (Hurlbert, 2018), ce qui conduit à des décisions plus solides face à ces incertitudes.

4.4.2 Les obstacles institutionnels à l'innovation

La rigidité de la gouvernance institutionnelle ainsi que la conception et la planification des réseaux d'alimentation en eau peuvent limiter la capacité du secteur de l'eau à s'adapter aux impacts des changements climatiques. Au Canada, de nombreux réseaux d'alimentation en eau ont historiquement été conçus pour répondre aux besoins de groupes régionaux influents qui s'intéressent à l'eau principalement pour un usage unique, comme l'irrigation ou l'hydroélectricité (Heinmiller, 2017; Clancy 2014). Ainsi, les échecs des politiques et de la gestion peuvent découler d'engagements fixes, tels que des règles d'attribution de l'eau selon une appropriation historique qui ne tient pas compte des besoins des écosystèmes ou d'une répartition équitable pour des utilisateurs plus récents (Hamlet, 2011; Sandford et coll., 2011). Les systèmes de gouvernance adaptative efficaces sont dynamiques, analytiques, souples et sensibles aux besoins actuels

et émergents (Cosens et coll., 2017; Hurlbert et Diaz, 2013). Toutefois, il n'existe pas toujours de soutien institutionnel pour des programmes souples et diversifiés visant à encourager la conception de politiques proactives (Global Water Futures, 2020; Sandford et coll., 2011; Ivey et coll., 2004). Par exemple, l'absence d'un cadre réglementaire souple et d'un système juridique clair concernant les droits de réutilisation de l'eau limite l'adoption d'approches de gestion de la demande pour la conservation de l'eau en Alberta (Alberta WaterSMART, 2013). De façon semblable, peu de mesures sont prises à l'égard du développement du marché des services hydriques et écosystémiques au Canada, ce qui entrave la concurrence pour les activités de conservation et de rétention des zones humides sur les terres privées (Global Water Futures, 2020). Les mesures visant à reconcevoir ou à améliorer les systèmes institutionnels, notamment l'amélioration des infrastructures (Sandford et coll., 2011) et des processus politiques et administratifs (Straith et coll., 2014; Patino, 2010), s'accompagnent parfois de coûts financiers et politiques élevés qui peuvent constituer un obstacle à l'action.

Malgré ces obstacles institutionnels, il existe partout au Canada des foyers d'innovation dans le secteur de l'eau. À l'échelle provinciale, de nombreuses politiques de l'eau ont fait l'objet de réformes au cours des deux dernières décennies, avec un accent renouvelé sur la protection de l'eau potable et des sources d'eau, et une augmentation des organisations décisionnelles basées sur les bassins versants (Bakker et Cook, 2011). Parmi les modernisations notables de la gestion de l'eau, on peut citer les marchés de l'eau de l'Alberta, la stratégie Northern Voices, Northern Waters des Territoires du Nord-Ouest, qui accorde à la nature la priorité à l'égard de l'eau, et les exigences de l'Ontario en matière de tarification et de comptabilisation du coût complet des infrastructures d'approvisionnement en eau (Global Water Futures, 2020; Bakker et Cook, 2011; Sandford et coll., 2011). L'innovation découle souvent de facteurs de soutien locaux et de la création d'espaces sûrs pour l'expérimentation en matière de politiques (Moore et coll., 2014; Straith et coll., 2014).

4.4.3 Leadership et champions du secteur de l'eau

Les organisations et les politiques adaptatives nécessitent un leadership fort pour favoriser une culture institutionnelle de l'innovation (Dale et coll., 2019; Burch, 2010), prendre les risques nécessaires à l'exécution des mandats (Mitchell, 2017; Morris et de Loë, 2016; Hurlbert et Diaz, 2013) et mettre en œuvre et assurer le suivi des plans d'adaptation avec succès (Zubrycki et coll., 2016; Simms et de Loë, 2010). Le leadership peut jouer un rôle important pour habiliter les praticiens de l'eau à accomplir leur travail de la meilleure façon qui soit, en particulier dans un contexte politique fragmenté où il n'y a pas toujours une autorité claire concernant les travaux d'adaptation (Oulahen et coll., 2018). Par exemple, à la Ville de Vancouver, le leadership des représentants élus et des administrateurs municipaux a été jugé essentiel pour faire progresser les efforts d'adaptation aux risques d'inondation (Oulahen et coll., 2018). Burch (2010) détaille également les démarches d'un praticien persuasif du service de planification de la ville, qui a remarqué que les conflits culturels entre le personnel de la planification et celui des opérations ralentissaient les progrès de l'adaptation, et qui a délibérément embauché du personnel qui valorisait la collaboration entre les départements. Ces mesures ont contribué à un changement de paradigme au sein de la ville qui a conduit à la mise en place de systèmes très réactifs pour faire face à un climat en changement, étant donné les vulnérabilités de la ville de Vancouver et des municipalités environnantes.

Les « champions » de l'eau proposent des innovations, forment des coalitions pour les appuyer et font appel aux intérêts et aux préoccupations des participants au réseau décisionnel (Daniell et coll., 2014). Ils peuvent travailler à l'intérieur ou à l'extérieur d'une organisation (Moore et coll., 2014), mais elles réussissent généralement mieux si elles ont des capacités de mise en œuvre (Daniell et coll., 2014). Il s'agit d'agents de changement, hautement qualifiés pour reconnaître les caractéristiques culturelles et institutionnelles qui inhibent ou favorisent les changements et les stratégies qui peuvent influencer avec succès la mise en œuvre. Ils disposent généralement de solides réseaux formels et informels, sont de bons communicateurs prêts à prendre les risques nécessaires, et sont humbles, respectueux et ouverts aux nouvelles idées. Ils peuvent également être habiles à gérer les relations et à servir d'intermédiaires entre différentes collectivités d'utilisateurs de l'eau et d'autres secteurs pertinents (Hurlbert, 2018; Straith et coll., 2014). Ces compétences sont favorisées par une formation en leadership et des possibilités de négociation.

4.4.4 Participation des intervenants et apprentissage social

Les réseaux de relations sociales et l'apprentissage social sont liés à l'innovation dans les institutions de gestion de l'eau. L'apprentissage social signifie que les personnes apprennent en tant que membre d'un groupe en observant des comportements et leurs conséquences. Les réseaux sociaux relient les praticiens de l'eau à différents types de connaissances et de ressources, ce qui facilite la compréhension et la confiance (Moore et coll., 2014; Gupta et coll., 2010; Folke et coll., 2005). Un engagement des intervenants qui intègre l'apprentissage social permet aux participants d'explorer des pistes d'adaptation et de faire face aux inévitables compromis qui y sont associés.

L'exploration du futur fait souvent intervenir des modèles exploratoires et des exercices participatifs qui permettent d'étudier une gamme de conditions futures potentielles (Maier et coll., 2016). Les scénarios sont des récits cohérents concernant l'avenir de systèmes trop complexes à prévoir (Wiek et coll., 2015). Ils couvrent l'étendue des futurs plausibles (Lemieux et coll., 2014), y compris des événements rares, mais potentiellement dévastateurs, tels que la défaillance d'infrastructures essentielles ou de filières énergétiques. L'élaboration de scénarios met souvent en jeu des intervenants locaux qui partagent leurs points de vue (souvent divergents) sur l'avenir dans le but de faciliter une prise de décision robuste (voir l'étude de cas 4.4 et l'étude de cas 4.5; White et coll., 2015). L'un des objectifs de ces exercices est d'élaborer des stratégies qui fonctionnent raisonnablement bien face à une large gamme de forces sociétales et de changements climatiques plausibles, même lorsque l'on est confronté à des circonstances inattendues (Lempert et coll., 2003). Ils constituent une base solide pour l'établissement d'un consensus et l'action politique chez des intervenants ayant des points de vue différents sur l'avenir, car ils proposent un résultat raisonnable indépendamment de la personne dont le point de vue sur l'avenir s'avère correct. Ils peuvent également identifier des stratégies « sans regret » ou « à faible regret » qui augmentent la résilience climatique et favorisent une bonne gestion de l'eau au sens large, souvent à peu de frais supplémentaires. À titre d'exemples de stratégies, mentionnons: le renforcement de la formation des opérateurs et l'amélioration de la coordination (Casello et Towns, 2017), la mise à niveau des réseaux de surveillance contribuant aux prévisions (Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2011) ainsi que la gestion de conservation de l'eau et de la demande en eau (Mguni, 2015; de Loë et coll., 2001). Cette dernière est considérée comme importante dans le secteur municipal en Ontario et dans la stratégie Water for Life de l'Alberta, ce qui a

permis d'améliorer l'efficacité et la productivité de l'utilisation de l'eau en Alberta de 30 % entre 2005 et 2015 (Alberta Water Council, 2017). En outre, les scénarios peuvent aider à repérer les comportements potentiellement inadaptés, tels que l'augmentation de la consommation, qui pourraient être associés à de grands projets d'investissement ou d'immobilisations (de Loë et coll., 2001).

Étude de cas 4.4 : Aborder la vulnérabilité aux changements climatiques et la gestion durable de l'eau dans le bassin de la rivière Saskatchewan Sud

Le sud de l'Alberta a récemment connu des inondations et des sécheresses désastreuses. Des pressions supplémentaires dues à une économie et à une population en croissance ainsi qu'à un climat en changement ont considérablement remis en question, et continueront de le faire, la gestion des ressources en eau dans le bassin de la rivière Saskatchewan Sud (BRSS). Pour faire face à ces défis, le projet WaterSMART a travaillé avec des représentants de districts d'irrigation, de municipalités et d'organisations de bassins versants pour élaborer un ensemble de scénarios d'avenir plausibles concernant l'offre et la demande en eau pour le BRSS. Les scénarios reliaient les données des années de sécheresse et d'inondation historiques aux projections climatiques futures et tenaient compte de l'affectation des terres et des changements sociétaux qui pourraient survenir dans le futur, comme la restauration des zones humides, une perturbation majeure des forêts dans les eaux d'amont, une augmentation des demandes en eau et une diminution possible des débits en provenance des États-Unis, résultant de la modification de l'étendue des glaciers et des régimes de précipitations attribuées aux changements climatiques.

On a demandé aux groupes de travail d'élaborer une liste de stratégies d'adaptation pour faire face aux conditions de haut ou faible débit qui pourraient résulter de chaque scénario (Alberta WaterSMART, 2016). Une série de mesures de performance a été élaborée pour aider les participants à évaluer la réussite de chaque stratégie. Les mesures de performance reflétaient un résultat souhaité concernant les ressources en eau du BRSS ou de ses sous-bassins et comprenaient des mesures telles que le pourcentage de jours où les besoins des poissons dans les cours d'eau n'ont pas été satisfaits ou les violations du débit maximal. La performance de chaque stratégie d'adaptation a été évaluée à l'aide d'un modèle de ressources en eau conçu pour le BRSS. Les participants ont utilisé les résultats des simulations pour classer les stratégies d'adaptation à différents niveaux, allant des stratégies qui pourraient améliorer les conditions actuelles à celles qui rendraient le bassin plus résilient face aux changements climatiques dans le futur. Parmi les stratégies jugées les plus prometteuses par le groupe de multiples intervenants pour le bassin de la rivière Saskatchewan Sud, citons les suivantes (Alberta WaterSMART, 2016) :

- élaborer des cadres de partage des pénuries par sous-bassin;
- limiter la construction sur des terrains vierges dans la plaine inondable;
- refondre les politiques d'exploitation des réservoirs en amont de la rivière Bow;
- construire un débit de stockage net dans le sous-bassin de la rivière Bow.

Étude de cas 4.5 : La régularisation des débits sortants des lacs Supérieur et Ontario : faire face à l'incertitude entourant les niveaux d'eau des Grands Lacs

Les niveaux d'eau des Grands Lacs sont principalement déterminés par des facteurs naturels, notamment les changements de précipitations et de température (voir l'étude de cas 4.1), mais sont également partiellement affectés par la régularisation des débits sortants du lac Supérieur et du lac Ontario par des barrages et des structures de contrôle connexes sur la rivière Saint Mary's et des barrages à Cornwall-Massena sur le fleuve Saint-Laurent. Les débits sortants sont gérés à l'aide de plans de régularisation, c'est-à-dire des règles qui déterminent la quantité d'eau libérée par les structures de régularisation dans des conditions hydrologiques et climatiques (hydroclimat) très variables, afin de répondre aux besoins des divers utilisateurs d'eau dans l'ensemble du bassin. La Commission mixte internationale (CMI) a mené des études (Groupe d'étude international des Grands Lacs d'amont, 2012; Groupe d'étude international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, 2006) pour évaluer d'autres scénarios de régularisation afin de répondre à des besoins nouveaux et de tenir compte des changements climatiques. Elle a également utilisé l'analyse de scénarios pour revoir les règles de régularisation des débits sortants dans le contexte de la variabilité du climat et des changements climatiques et pour mieux équilibrer les besoins en eau des divers groupes d'intérêt de la région.

Les études de la CMI comprenaient une analyse hydroclimatique détaillée visant à éclairer l'évaluation de l'état actuel de la modélisation des ressources en eau dans la région, la construction d'une chronologie de la variabilité historique du climat et la réduction d'échelle des modèles climatiques mondiaux afin de comprendre l'impact des changements climatiques sur les futurs niveaux d'eau régionaux. En faisant appel à différents scénarios hydroclimatiques pour représenter un large éventail de conditions futures plausibles, cette analyse a révélé une incertitude considérable quant à la manière dont les niveaux d'eau pourraient changer dans le futur, notamment :

- le climat historique (supposé stationnaire) pour anticiper les 30 à 100 prochaines années;
- une large séquence de 50 000 ans d'approvisionnement en eau généré stochastiquement pour chacun des Grands Lacs afin de saisir toute la gamme de la variabilité du climat (sur la base des conditions historiques d'approvisionnement en eau);
- un climat en changement entraînant une diminution ou une augmentation des niveaux d'eau.

En même temps, les chercheurs ont travaillé avec les intervenants pour définir les intérêts liés aux ressources en eau dans le bassin, tels que la production d'hydroélectricité, la navigation commerciale, les propriétés riveraines, la navigation de plaisance, les utilisations de l'eau et les écosystèmes municipaux et industriels, ainsi que leur vulnérabilité potentielle aux fluctuations des niveaux d'eau. Des indicateurs de performance ou des zones d'adaptation (la gamme de conditions qui seraient considérées comme tolérables) ont été dérivés pour chaque intérêt et une relation entre ces derniers et les niveaux d'eau a été déterminée. Les retours d'information du public et des experts ont conduit les groupes d'étude à recommander que les nouveaux plans de régulation améliorent la santé de l'environnement, réduisent au minimum les dommages causés par les dangers naturels liés à l'eau et augmentent ou maintiennent la viabilité économique de la navigation, de l'hydroélectricité, des loisirs et du tourisme ainsi que de l'industrie.

Les participants à l'étude ont ensuite testé différents ensembles de plans de régularisation en utilisant un « modèle de vision commune » (MVC), une plateforme informatique facile à utiliser qui a permis de développer conjointement des modèles et des plans d'exploitation pour simuler les impacts dans le bassin. Les participants ont utilisé le MVC pour comparer le rendement du plan de régularisation actuel à celui des plans de recharge dans le cadre d'une série de scénarios hydroclimatiques et se sont appuyés sur les indicateurs de rendement et les zones d'adaptation pour envisager des compromis associés aux plans de recharge.

Grâce à ce processus, les groupes d'étude de chacune des évaluations ont réduit les plans de régularisation de recharge à ceux qui étaient les plus aptes à résister aux conditions changeantes, ont continué à équilibrer les impacts et les avantages en amont et en aval, et ont favorisé des débits plus naturels et des avantages écosystémiques dans un éventail de conditions hydroclimatiques. Après une importante consultation publique et gouvernementale, la CMI a mis en œuvre un nouveau plan de régularisation des débits du lac Supérieur (Plan 2012) au début de 2015, puis a adopté en janvier 2017 le Plan 2014 pour la régularisation des débits du lac Ontario. Une stratégie de gestion adaptative a été élaborée pour compléter ces nouveaux plans de régularisation, comme moyen de revoir et de peaufiner les plans de régularisation choisis au fil du temps si les conditions au sein du système venaient à changer. La gestion adaptative compare les résultats observés grâce à la surveillance continue aux résultats simulés afin de perfectionner les simulations au fil du temps. La performance continue des plans de régularisation peut être évaluée dans une gamme de conditions de niveau hydrique et ceux-ci peuvent être formulés et évalués à mesure que les connaissances s'accumulent et que les conditions changent.

*Les rapports finaux de ces études et le processus de gestion adaptative sont disponibles sur le site de la Commission mixte internationale (ijc.org).

4.4.5 Gestion adaptative et expériences dans le secteur de l'eau

De nombreux planificateurs des ressources en eau recherchent des mesures d'adaptation qui sont robustes dans un large spectre de conditions climatiques futures possibles. Bien qu'il n'existe pas de paradigme normalisé pour quantifier la robustesse dans le secteur de l'eau (Whateley et coll., 2016), l'idée de robustesse implique généralement une performance acceptable sur une large gamme de scénarios futurs (Lempert et Groves, 2010; Groves et Lempert, 2007; Lempert et Collins, 2007). Par conséquent, les décideurs doivent pouvoir à la fois évaluer dans quelle mesure les décisions répondent aux attentes et adapter ces décisions de gestion à mesure que des renseignements supplémentaires sont reçus et que les conditions changent. La gestion adaptative accepte que les décisions soient prises sur la base de renseignements imparfaits et avec un degré élevé d'incertitude. En outre, elle fournit un moyen par lequel il est possible de réviser l'efficacité d'une décision grâce à une surveillance continue des résultats et des préférences des intervenants, de mettre à jour les outils de modélisation et d'évaluation utilisés dans la décision initiale, et de recommander des améliorations, le cas échéant (voir l'encadré 4.2; Groupe d'étude international des Grands Lacs d'amont, 2012). Dans la gestion adaptative, les mesures et les politiques d'adaptation sont conçues pour être souples et font l'objet de mises au point dans le cadre d'un processus itératif d'apprentissage social (Lee, 1999).

Encadré 4.2 : Adaptation vs. gestion adaptative

Les mesures d'adaptation sont des interventions prises pour répondre à des renseignements nouveaux ou différents obtenus grâce à la surveillance et à l'expérience. En termes simples, l'adaptation consiste à prendre des mesures pour changer quelque chose dans l'éventualité où cette même chose ne fonctionnerait pas. Dans la pratique actuelle, il est difficile pour les décideurs politiques et les scientifiques de déterminer comment mesurer la vulnérabilité, la capacité d'adaptation et la résilience en vue de prendre des mesures adaptatives efficaces (Lesnikowski et coll., 2017). L'adaptation est complexe pour de multiples secteurs et disciplines et il n'existe pas de mesure unique et universelle qui corresponde à la réalité de l'adaptation (Ford et King, 2015). Dans un examen de 15 études scientifiques sur les stratégies d'adaptation concernant les ressources en eau, Salerno (2017) a constaté que les stratégies d'adaptation avaient comme faiblesse commune l'incapacité de définir des approches pour traiter les incertitudes (Woodruff, 2016). Plus précisément, les plans d'adaptation ne prévoient généralement pas de processus de mise en œuvre détaillés, ce qui suscite des inquiétudes quant à savoir si les mesures d'adaptation se traduiront par une réduction de la vulnérabilité ou par une mauvaise adaptation (Salerno, 2017).

La gestion adaptative est une approche de l'adaptation qui tient compte du risque et de l'incertitude comme moyens d'acquérir une compréhension basée sur la surveillance continue, la modélisation prédictive, l'évaluation et l'apprentissage. La gestion adaptative fournit un processus structuré et itératif de prise de décision robuste en dépit de l'incertitude, dans le but de parvenir à une réduction de cette dernière au fil du temps par la surveillance des systèmes (Williams et Brown, 2014). La gestion adaptative reconnaît que :

- peu importe l'étendue de nos connaissances, il y a toujours plus à apprendre;
- les conditions sont en constante évolution, parfois de manière inimaginable, et encore moins prévisible;
- les décisions sont prises sur la base des meilleures données probantes disponibles, bien qu'imparfaites, et peuvent ne pas toujours être efficaces.

Le concept de gestion adaptative consiste à remettre en question les décisions (telles que les mesures adaptatives) lorsque les résultats obtenus ne sont pas conformes aux attentes ainsi qu'à procéder aux ajustements nécessaires à mesure que de nouvelles connaissances sont acquises ou que les conditions changent. En termes simples, la gestion adaptative va plus loin que l'adaptation en assurant le suivi des mesures pour veiller à ce qu'elles fonctionnent comme prévu et, dans le cas contraire, procéder à des ajustements (voir la figure 4.4). La gestion adaptative exige une planification, une collaboration et une modélisation prédictive quantitative de qualité. Une stratégie de gestion adaptative réussie vise à développer et à appliquer des solutions multi-objectifs, souples et durables grâce à des efforts collaboratifs qui incluent (Équipe de travail internationale sur la gestion adaptative des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, 2013) :

- la surveillance et la modélisation pour mieux comprendre :
 - pourquoi et comment les conditions changent;
 - les risques existants et potentiels ainsi que la complexité des problèmes;
 - des mesures de performance pour comprendre le succès des options;

- des outils pour élaborer et évaluer les options en matière d'adaptation;
- des renseignements transparents et auxquels les utilisateurs ont facilement accès;
- une évaluation continue des solutions en fonction des commentaires formulés par rapport aux processus décisionnels;
- des intervenants qui sont pleinement engagés dans les mécanismes visant à éclairer le processus décisionnel.

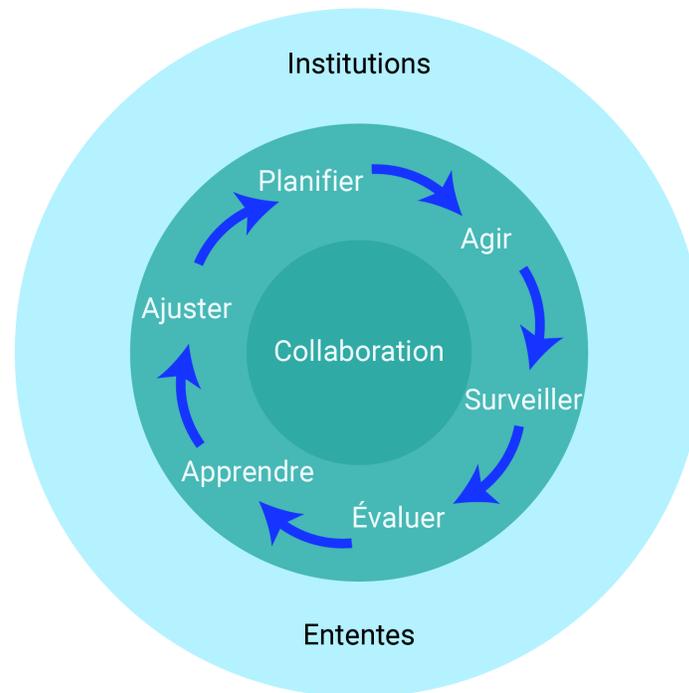


Figure 4.4 : Diagramme illustrant le cycle de la gestion adaptative. Source : Adapté de l'Équipe de travail internationale sur la gestion adaptative des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, 2013.

Les données probantes suggèrent que les cadres canadiens pour la gestion de l'eau varient dans leur capacité à réagir à des événements imprévus. Bizikova et coll. (2013) ont examiné les politiques liées à l'eau en Colombie-Britannique, en Saskatchewan, au Manitoba et en Nouvelle-Écosse afin d'évaluer les éléments représentatifs de l'adaptabilité, tels que la délibération impliquant de multiples intervenants, l'ajustement automatique des politiques et l'analyse intégrée et prospective. Ils ont constaté que ces politiques n'incluent pas toujours des processus explicites de surveillance et de d'examen (Bizikova et coll., 2013). Dans certains cas, les examens formels étaient totalement absents (Roy, 2013), alors que dans d'autres cas, ils étaient spontanés ou n'étaient effectués qu'une seule fois, sans qu'ils ne soient pris en compte dans les révisions politiques formelles (Bizikova et Vodicka, 2013). Dans environ la moitié des politiques examinées, un examen formel était nécessaire, mais aucun rapport public de cet examen n'était disponible et aucune information



sur des révisions politiques ultérieures n'était requise (Bizikova et coll., 2013). Enfin, l'équipe a examiné 27 politiques provenant du secteur de l'eau, ainsi que des secteurs agricole et forestier, et les a notées à l'aide de la méthode ADAPTTool, qui évalue l'adaptabilité des politiques ou des programmes par rapport des facteurs de stress ou de changement externe définis, tel que le climat. Malgré le large spectre de politiques rendant difficile la comparaison entre les différents territoires, l'équipe a constaté une grande adaptabilité des politiques présentes (voir la figure 4.5). Les politiques qui obtiennent un score élevé (dans la zone verte) n'étaient généralement pas elles-mêmes vulnérables aux changements climatiques, jouaient un rôle dans le renforcement de la capacité d'adaptation des groupes et étaient conçues pour utiliser des processus à intervenants multiples ou des méthodes prospectives telles que l'analyse de scénarios (Bizikova et coll., 2013).

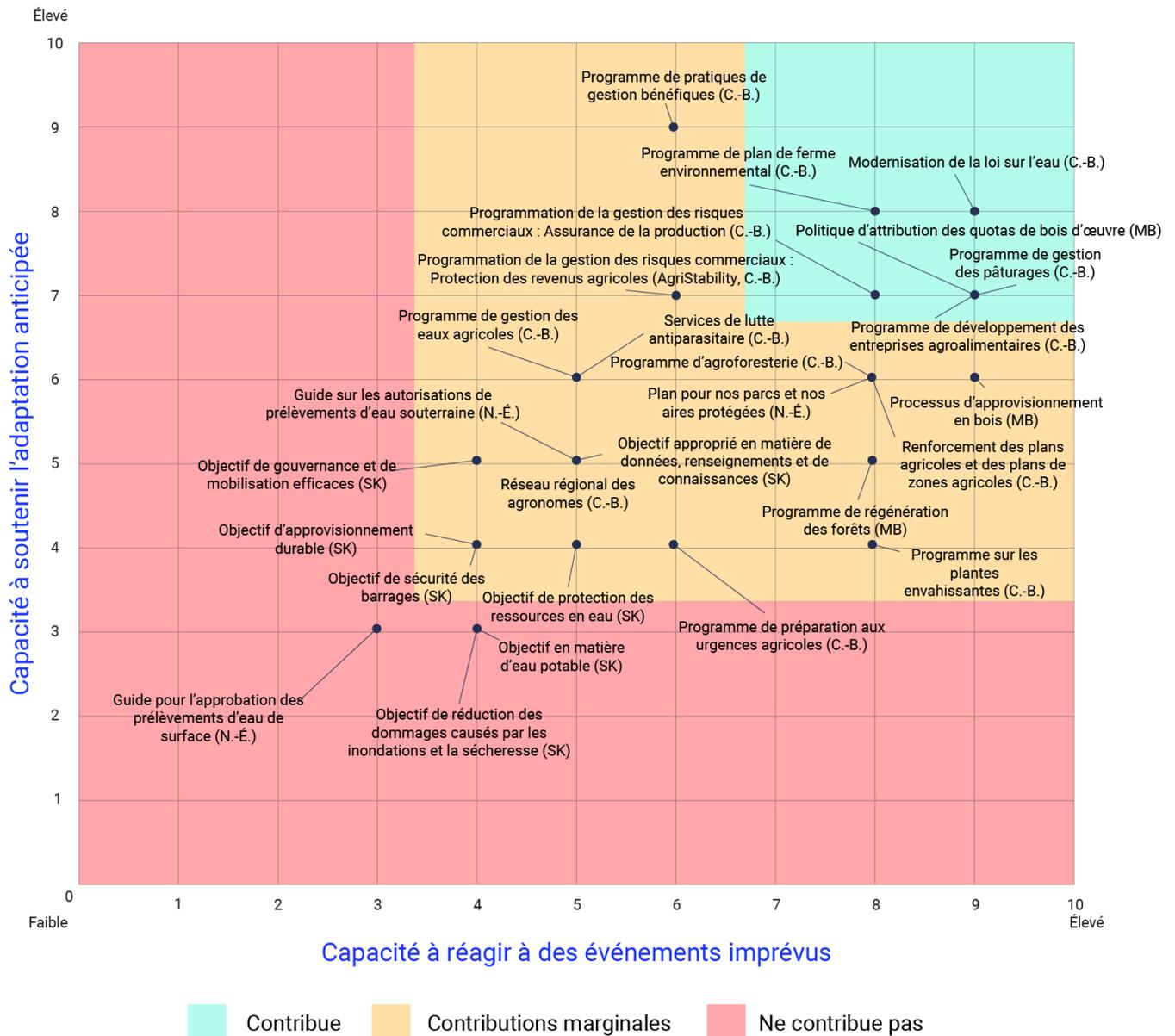


Figure 4.5 : Un aperçu des résultats de la notation ADAPTool (de 1 à 10) pour 27 politiques examinées dans les provinces de la Colombie-Britannique, de la Saskatchewan, du Manitoba et de la Nouvelle-Écosse. L'outil ADAPTool est structuré comme une série de feuilles de calcul Excel qui conduisent les analystes à travers un processus normalisé se déroulant par étapes pour évaluer la capacité des politiques ou programmes existants à soutenir les mesures d'adaptation et l'adaptabilité générale de ces politiques ou programmes mêmes. Source : Adapté de Bizikova et coll., 2013.

La gestion adaptative exige des engagements à long terme, de la collaboration (Global Water Futures, 2020) et du financement ainsi que l'établissement de liens efficaces entre la surveillance scientifique et les

processus décisionnels (Murphy et Weiland, 2014). Bien qu'une gestion adaptative efficace soit difficile à réaliser, on en trouve des exemples dans la gestion des ressources naturelles en général (Williams et Brown, 2014) et dans la gestion des ressources en eau au Canada (Failing et coll., 2013). L'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs de 2012 entre les États-Unis et le Canada inclut la gestion adaptative comme principe directeur afin d'évaluer systématiquement l'efficacité des mesures et d'ajuster les futures mesures pour atteindre les objectifs d'intégrité écologique et en matière d'eau pour le bassin (Commission mixte internationale, 2017). Un effort de gestion adaptative encore plus structuré a été lancé pour les Grands Lacs en 2015 par la CMI grâce à la création du Comité de gestion adaptative des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (GAGL), chargé de procéder à l'examen et à l'évaluation continus des plans de régularisation des débits sortants du lac Supérieur et du lac Ontario récemment mis en œuvre (voir l'étude de cas 4.5; Commission mixte internationale, 2015). Cette initiative fournit une approche structurée de la gestion adaptative pour répondre aux changements climatiques et relie l'évaluation de la performance des plans directement à la CMI en sa qualité de décideur (Comité de gestion adaptative des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, 2018; Clamen et MacFarlane, 2018).

4.5 Il est indispensable de faire participer le public et de le sensibiliser aux possibilités d'adaptation

Une adaptation réussie nécessite l'adhésion du public à la science des changements climatiques et au besoin de mettre en œuvre des politiques d'adaptation. La majorité des Canadiens sont en faveur des politiques visant à résoudre les problèmes liés à l'eau, mais la gestion des ressources en eau figure au bas de leur liste des principaux problèmes, après l'économie, les soins de santé et le coût de la vie. Les phénomènes extrêmes, notamment les inondations, les sécheresses et les épisodes de mauvaise qualité de l'eau, peuvent souvent amener au premier plan l'exigence d'une meilleure gestion de l'eau.

Les Canadiens sont préoccupés par les questions concernant l'eau, et ils veulent que les gouvernements jouent un rôle prépondérant dans la mise en place de pratiques qui protègent les ressources en eau et qu'ils se préparent à faire face aux dangers de nature hydrique. Le fait que cet enjeu ne s'impose pas à l'attention du public, les perceptions erronées sur le fonctionnement des réseaux d'alimentation en eau et les obstacles financiers et techniques peuvent entraver l'adhésion à l'adaptation aux changements climatiques. Les praticiens du domaine de l'eau favorisent le soutien du public en mettant l'accent sur les co-avantages financiers et sanitaires, en s'attaquant aux obstacles qui entravent la mise en œuvre de mesures et en tirant profit des événements liés à l'eau faisant l'objet d'une forte couverture médiatique. Le discours sur les solutions d'adaptation dans le secteur de l'eau s'élargit pour inclure une plus grande variété d'outils politiques visant à traiter les enjeux relatifs à l'eau.

4.5.1 Introduction

Au Canada, l'eau est généralement perçue comme étant de haute qualité, en quantité abondante (Banque Royale du Canada, 2017; Renzetti et Dupont, 2017) et notre ressource la plus importante (Banque Royale du Canada, 2017). Toutefois, les Canadiens effectuent d'importants prélèvements d'eau par habitant par rapport à d'autres pays, ce qui comprend les utilisations vouées à la consommation et à d'autres fins (Conference Board du Canada, 2013), et les questions relatives aux politiques sur l'eau sont classées parmi les plus faibles dans les sondages d'opinion publique, car elles sont considérées comme beaucoup moins importantes que l'économie, les soins de santé et la hausse du coût de la vie (voir la figure 4.6; Banque Royale du Canada, 2017; Clancy, 2014). En fin de compte, ces perceptions influencent l'élaboration des politiques (Heinmiller, 2017; Yates et coll., 2017; Clancy, 2014) et peuvent remettre en question les efforts déployés pour mettre en œuvre des stratégies d'adaptation (Dale et coll., 2019).

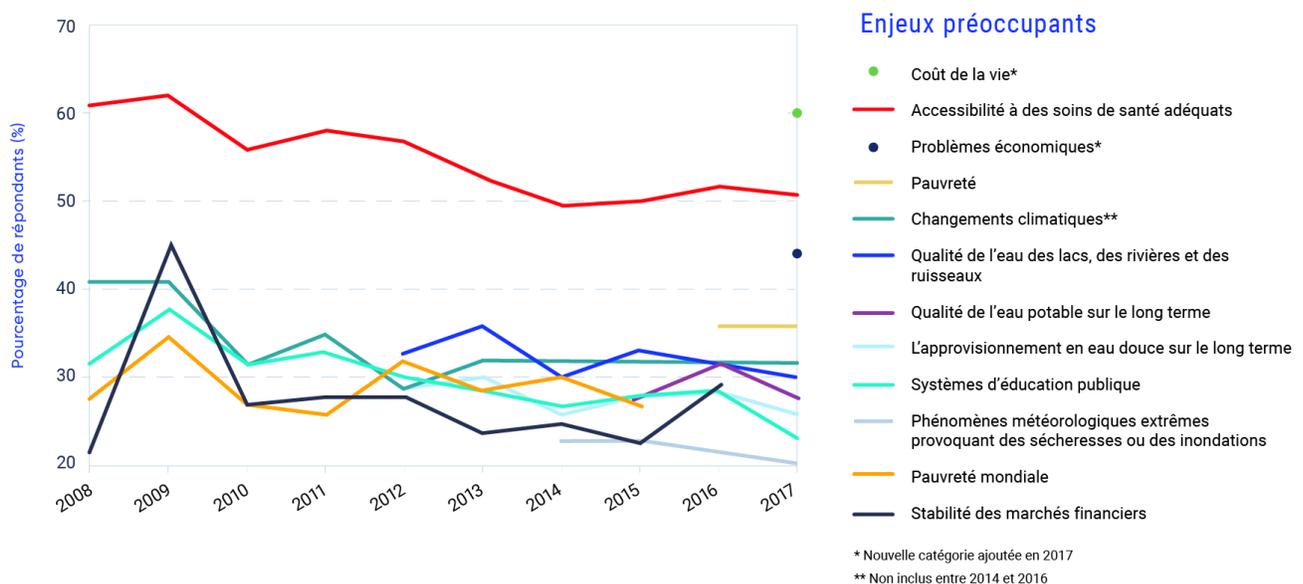


Figure 4.6 : L'étude annuelle de RBC sur les attitudes des Canadiens à l'égard de l'eau, qui demande aux répondants d'indiquer leur degré de préoccupation par rapport à une série d'enjeux, a révélé que les Canadiens et les Canadiennes sont préoccupés par les questions liées à l'eau et aux changements climatiques, mais dans une moindre mesure que par des questions telles que le coût de la vie, la disponibilité des soins de santé et la pauvreté. Source : Adapté de Banque Royale du Canada, 2017.

Les praticiens du secteur de l'eau s'efforcent d'influencer les perceptions en faveur d'une adaptation proactive dans le domaine des ressources en eau (Global Water Futures, 2020). Bien que l'amélioration de la compréhension scientifique puisse mettre en évidence les tendances, les vulnérabilités et les solutions potentielles relativement aux problèmes techniques de gestion de l'eau, les décideurs doivent répondre à des besoins et à des objectifs multiples et souvent contradictoires (Bakker et Cook, 2011) et exigent des processus qui soient attentifs aux attitudes du public. Le roulement politique et les échéances relativement courtes en matière de planification exacerbent cet enjeu (Dale et coll., 2019; Hurlbert et Diaz, 2013; Hamlet, 2011).

4.5.2 Les perceptions relatives à l'eau et aux changements climatiques

Les perceptions relatives aux enjeux politiques sont importantes, car elles influencent les jugements sur l'acceptabilité ou la pertinence des solutions proposées (Stone, 2002). Selon les sondages, la plupart des Canadiens croient que les changements climatiques sont une réalité (Mildenberger et coll., 2016; Lachapelle et coll., 2014) et qu'ils auront un impact négatif sur les réserves et la qualité de l'eau douce du pays (Banque Royale du Canada, 2017). Ils s'attendent à des tempêtes extrêmes, à des inondations de rivières et de zones côtières et à de longues sécheresses plus fréquentes et plus intenses (Akerlof et coll., 2010). Malgré ces préoccupations, le niveau de préparation des Canadiens aux situations extrêmes liées aux ressources en eau est resté faible pendant de nombreuses années. Dans une enquête de la Banque Royale du Canada (2017) menée auprès de plus de 2 000 Canadiens et Canadiennes, seuls 35 % ont déclaré être prêts à faire face aux inondations et à la sécheresse. Dans un autre sondage, la quasi-totalité des 2 300 Canadiens et Canadiennes interrogés estimait que les propriétaires sont les premiers responsables de la protection contre les inondations, mais moins de 30 % d'entre eux appliquent des mesures de protection et seulement 6 % savent s'ils vivent dans une zone désignée comme étant à risque d'inondation (Henstra et coll., 2019b; Thistlethwaite et coll., 2017).

Malgré un certain scepticisme, les politiques climatiques et les mesures gouvernementales visant à protéger les ressources en eau bénéficient d'un large soutien en guise d'alternative à l'inaction (Comeau, 2017; Mildenberger et coll., 2016). Les Canadiens veulent que les gouvernements jouent un rôle important dans la gestion des ressources en eau et dans la préparation aux dangers d'origine naturelle (voir la figure 4.7; Henstra et coll., 2019b; Banque Royale du Canada, 2017), qu'ils appliquent des règlements plus stricts et qu'ils exigent des utilisateurs commerciaux et industriels qu'ils paient la totalité des coûts d'approvisionnement en eau (Real Estate Foundation of Colombie-Britannique, 2018; Banque Royale du Canada, 2017). Ce soutien peut toutefois diminuer en raison de la lassitude et de la politisation de la question des changements climatiques (Groulx et coll., 2014; Pidgeon, 2012).

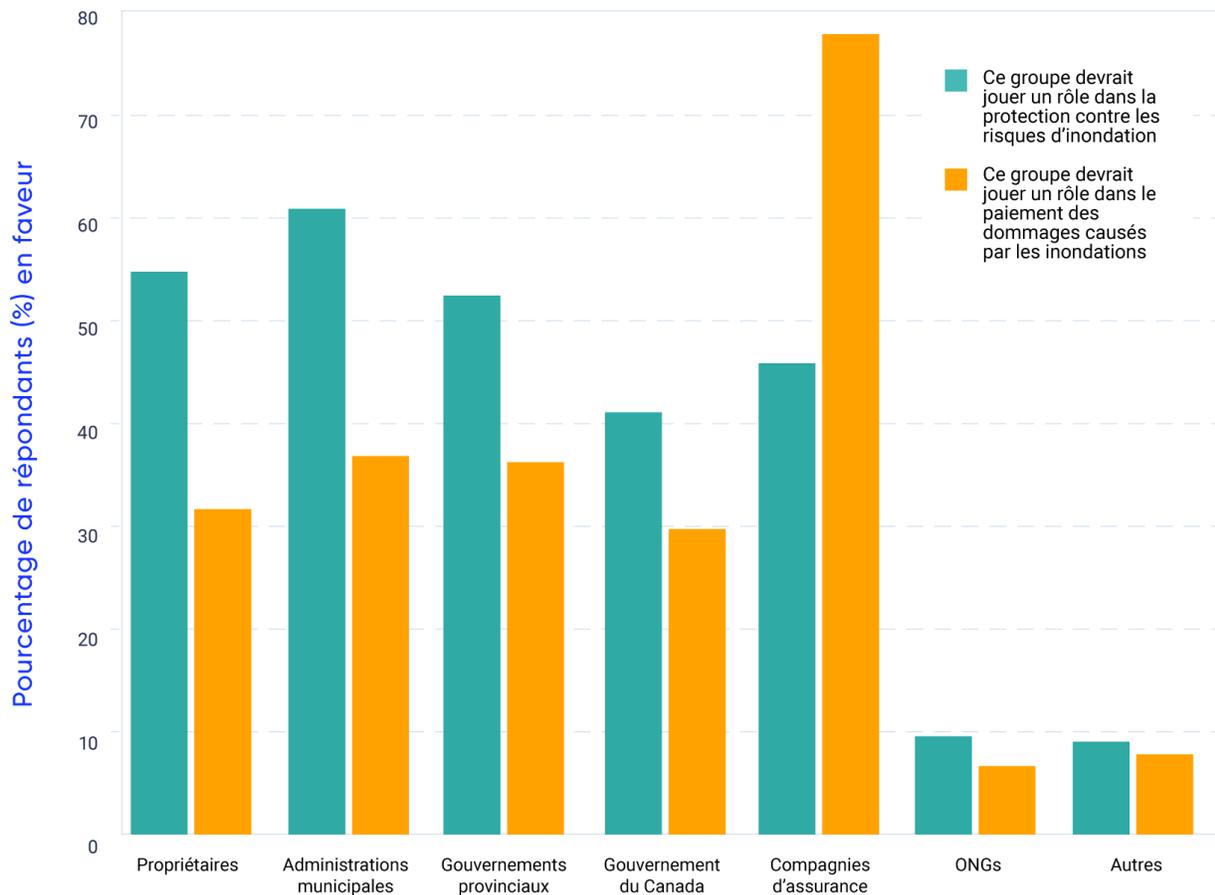


Figure 4.7: A 2016 national survey of Canadians living in “flood risk areas” (as defined by Government of Canada, Figure 4.7 : Un sondage national réalisé en 2016 auprès des Canadiens vivant dans des « zones inondables » (telles que définies par le gouvernement du Canada, 2013), élaboré par des chercheurs de l’université de Waterloo, a évalué les perceptions sur la manière dont la responsabilité associée à la protection de leurs biens et au paiement des coûts liés aux dommages causés par les inondations devrait être partagée entre différentes organisations. Source : Adapté de Thistlethwaite et coll., 2017.

4.5.3 Obtenir le soutien du public en matière d’adaptation

Les inconvénients de l’entretien et la nature « invisible » des services d’approvisionnement en eau constituent des défis supplémentaires pour obtenir le soutien du public en faveur de l’adaptation aux changements climatiques (Association canadienne des eaux potables et usées, 2015). La plupart des infrastructures liées à l’eau sont littéralement « loin des yeux, loin du cœur ». La plupart des gestionnaires et des organismes de réglementation de l’eau considèrent le vieillissement des infrastructures comme le facteur de risque futur

prédominant pour le secteur canadien de l'eau (Global Water Futures, 2020; Moncrieff-Gould et coll., 2018), malgré le fait que seul un Canadien sur cinq estime que des investissements majeurs dans les infrastructures liées à l'eau sont nécessaires (Banque Royale du Canada, 2017). Renforcer le soutien du public en mettant l'accent sur les avantages sanitaires, économiques et environnementaux des investissements dans les réseaux d'alimentation en eau pourrait accroître la probabilité que les décideurs fassent de ces derniers une priorité (Association canadienne des eaux potables et usées, 2015). Ce processus peut consister à présenter l'information relative aux changements climatiques qui concerne les ressources en eau en termes positifs et associés à des solutions cohérentes et constructives (Global Water Futures, 2020; Association canadienne des eaux potables et usées, 2015; Patino, 2010), à intégrer les solutions climatiques dans d'autres domaines stratégiques, comme le développement urbain (Dale et coll., 2019), et à mobiliser les intervenants dès le début des processus d'adaptation (Lemieux et coll., 2014).

Les Canadiens souhaitent que l'information sur les risques liés à l'eau soit pertinente par rapport aux enjeux qui les préoccupent et veulent savoir quoi faire de cette information (Jones-Bitton et coll., 2016; Henrich et coll., 2015; Groulx et coll., 2014). Un sondage récent mené auprès de 2 300 foyers canadiens a révélé que 92 % des personnes interrogées souhaitent que des cartes des risques d'inondation comportant des renseignements sur la réduction des inondations soient mises à la disposition du public et veulent avoir accès à ces renseignements au moment où elles envisagent la possibilité de devenir propriétaires (Thistlethwaite et coll., 2017). La dimension des changements climatiques peut ne pas avoir d'importance si les avantages des mesures d'adaptation sont conformes aux valeurs importantes chères au public cible et entraînent des avantages connexes. Par exemple, malgré les avantages pour la résilience climatique, l'amélioration de la qualité de l'eau est la principale motivation des agriculteurs qui restaurent des terres humides en Nouvelle-Écosse (Sherrin et Verstraten, 2013). D'autres études ont montré que l'élaboration de politiques de gestion de l'eau sur le plan des avantages personnels, tels qu'un coût de la vie moins élevé, un développement économique durable et une incidence moindre des maladies, est plus attrayante pour un plus grand nombre de personnes (Henrich et coll., 2015; Groulx et coll., 2014; Semenza et coll., 2011; Akerlof et coll., 2010). Avec les renseignements nécessaires, les personnes qui se sentent personnellement exposées à un risque ont tendance à être davantage préparées (Semenza et coll., 2011).

Les contraintes financières et temporelles sont également des enjeux qui peuvent empêcher ou ralentir les comportements adaptatifs (Groulx et coll., 2014; Semenza et coll., 2011). Les efforts visant à réduire ces obstacles et à promouvoir les changements de comportement par la formation et la diffusion de normes sociales, de la perception de soi et de la mémoire ont été efficaces dans l'ensemble du Canada (Lieske et coll., 2014; Lo, 2013; McKenzie-Mohr, 2000). Par exemple, après avoir relevé les contraintes financières comme un obstacle majeur à l'adoption de comportements de conservation de l'eau, la ville de Barrie, en Ontario, a introduit un programme de rabais et un système de remboursement sans intérêt pour les appareils électroménagers à faible consommation d'eau et leur installation, ce qui a finalement permis de reporter des millions de dollars de dépenses dans les infrastructures d'eau (Reily, 2004).

Les phénomènes extrêmes liés à l'eau, comme les inondations, les sécheresses et les crises dues à la qualité de l'eau, offrent une occasion d'agir politiquement qui peut renforcer la résilience climatique à long terme (Dale et coll., 2019; Oulahan et coll., 2018). De nombreuses adaptations réussies dans le secteur de l'eau ont été motivées par des réponses institutionnelles à une crise publique (Clancy, 2014). Cela s'est produit après que des inondations et des épisodes de gel et de dégel qui ont causé d'importants dégâts sur les routes

eurent enclenché un processus d'adaptation majeur à Prince George, en Colombie-Britannique (Dale et coll., 2019), et lorsque la protection des sources d'eau a été renforcée après des incidents de contamination de l'eau à Walkerton, en Ontario (en 2000) et à North Battleford, en Saskatchewan (en 2001) (Hurlbert et coll., 2015; Bakker et Cook, 2011; de Loë et Plummer, 2010). De même, les inondations importantes survenues en 2011 et en 2014 dans des collectivités en aval au Manitoba ont de nouveau attiré l'attention sur les avantages de la préservation des terres humides pour la lutte contre les inondations, alors que les tentatives antérieures axées sur la protection de la biodiversité n'avaient pas réussi à motiver une action politique (Global Water Futures, 2020). En conséquence, la Loi sur les bassins hydrographiques durables a été adoptée en 2018, en utilisant une combinaison d'incitations et de dissuasions économiques et un règlement pour promouvoir une politique visant à ce qu'il n'y ait « aucune perte nette de terres humides » dans la province (Stevenson, 2018).

Partout au Canada, les praticiens de l'eau utilisent un certain nombre de stratégies pour accroître la visibilité des enjeux liés à l'eau dans le contexte des changements climatiques. Ils devront s'inspirer de ces stratégies et continuer d'innover à mesure que les réseaux d'alimentation en eau deviennent de plus en plus complexes et incertains, et que la faveur du public devient un enjeu encore plus crucial.

4.5.4 Diversifier les outils politiques

Les approches traditionnelles quant aux questions relatives aux ressources en eau sont de nature réglementaire (Simms et de Loë, 2010), mais les chercheurs et les praticiens reconnaissent de plus en plus qu'il ne suffit pas d'utiliser les outils stratégiques conventionnels pour s'adapter à la complexité croissante des systèmes d'approvisionnement en eau (Hurlbert et coll., 2010; Okanagan River Basin Board, 2010; Simms et de Loë, 2010). Les innovations et les variations dans la conception et la mise en œuvre des politiques peuvent réduire les risques, augmenter les chances d'atteindre les résultats souhaités et répondre aux divers besoins des intervenants (Bizikova et coll., 2018; Thistlethwaite et Henstra, 2017). Les conversations concernant les options politiques et les stratégies d'adaptation se multiplient à tous les niveaux (voir l'étude de cas 4.6) et il existe maintenant un ensemble diversifié d'instruments réglementaires, de dépenses, institutionnels et économiques dans les politiques relatives aux ressources en eau dans l'ensemble du Canada (Bizikova et coll., 2018).

Étude de cas 4.6 : L'évolution du discours politique en ce qui concerne les solutions aux dangers associés aux ressources en eau dans les Prairies canadiennes

Une grande partie de la population des provinces des Prairies (Alberta, Saskatchewan et Manitoba) s'approvisionne en eau dans le bassin du fleuve Nelson et de la rivière Churchill, le troisième plus grand bassin versant d'Amérique du Nord (voir la figure 4.8; Institut international du développement durable, 2016).

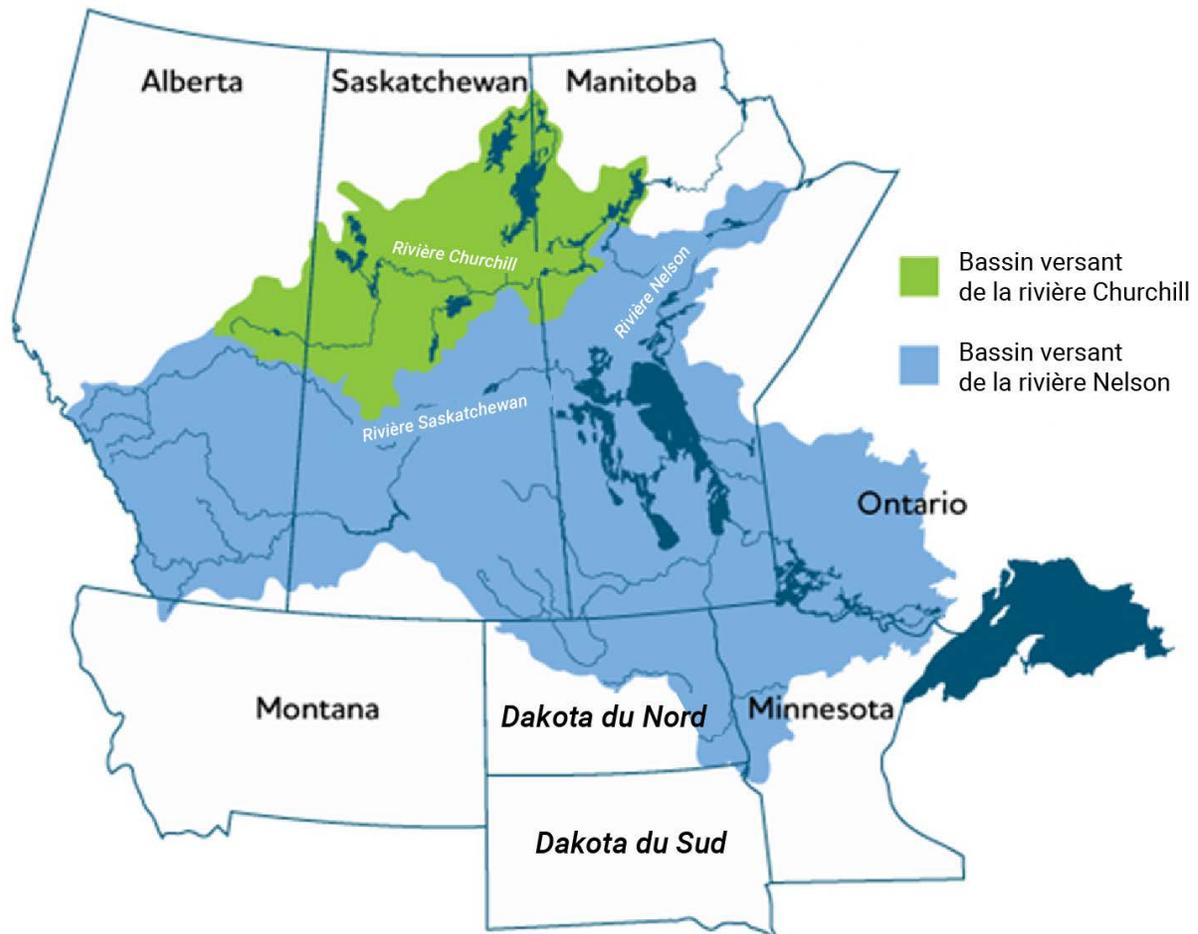


Figure 4.8 : Les bassins versants du fleuve Nelson et de la rivière Churchill. Source : Manitoba Hydropower, s.d.

Dans ce bassin, de nombreuses organisations plaident en faveur de diverses approches pour aborder la gestion actuelle de l'eau, qui sera probablement exacerbée par les changements climatiques. On se penche sur une vaste gamme d'approches stratégiques (voir la figure 4.9). Dans les documents stratégiques et de planification rédigés par ces différentes organisations, les solutions infrastructurelles constituent l'approche la plus discutée pour faire face aux inondations et aux sécheresses dans le bassin versant. Bien que les approches d'infrastructures structurelles conçues par les humains soient le plus souvent évoquées, les approches d'infrastructures naturelles sont également mentionnées et parfois privilégiées, comme dans le cas de l'amélioration de la qualité de l'eau (voir le tableau 4.1).

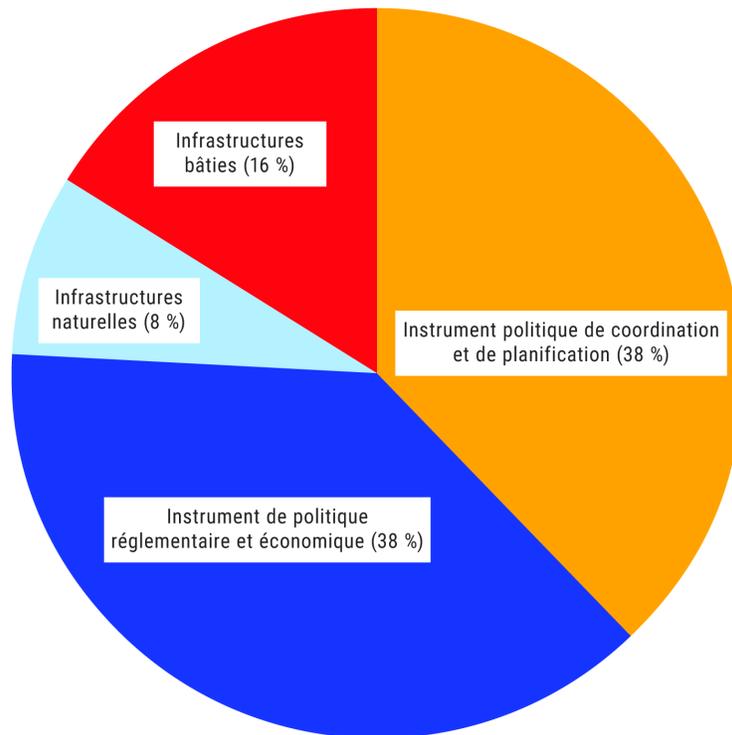


Figure 4.9 : Pourcentage de dialogue dans les documents stratégiques et de planification dans l'ensemble du bassin Nelson-Churchill au sujet de quatre instruments stratégiques pour traiter les enjeux relatifs à l'eau. Voir le tableau 4.1 pour des exemples précis.

Tableau 4.1 : Exemples d'instruments et d'options stratégiques pour répondre aux dangers liés à l'eau dans le bassin du fleuve Nelson et de la rivière Churchill

INFRASTRUCTURES BÂTIES	INFRASTRUCTURES NATURELLES	COORDINATION ET PLANIFICATION	RÉGLEMENTAIRES ET ÉCONOMIQUES
<ul style="list-style-type: none">• Construction de digues et de canaux d'évacuation des crues• Installation d'un drainage par canalisations• Modernisation des évacuateurs de crues et des barrages selon de nouvelles normes de conception adaptées aux conditions extrêmes	<ul style="list-style-type: none">• Préservation et restauration des terres humides• Augmentation de la matière organique du sol sur les terres agricoles	<ul style="list-style-type: none">• Planification des interventions en cas d'urgence• Ententes de coopération• Plans coordonnés de lutte contre la sécheresse et les inondations	<ul style="list-style-type: none">• Rationnement imposé de l'eau• Sanctions légales en matière de drainage• Indemnisation des victimes d'inondations• Crédits d'impôt pour la gestion des zones riveraines (terrains en bordure des rivières et des ruisseaux)• Tarification ou surtaxe de l'eau

Source : Global Water Futures, 2020.

Il a été grandement question de l'amélioration de la coordination et des politiques organisationnelles dans l'ensemble du bassin comme moyen de renforcer la capacité à réagir efficacement aux dangers liés à l'eau. Cela implique la planification proactive (p. ex. des stratégies coordonnées pour la sécheresse, les terres humides et le drainage ainsi que les espèces envahissantes), l'augmentation de la capacité des ressources financières et humaines (p. ex. le financement fiable des groupes de ressources en eau, l'offre d'un soutien technique aux collectivités, l'augmentation des possibilités de financement) et l'élaboration de règles et de procédures d'exploitation visant à renforcer la résilience pour pouvoir résister à de nouveaux extrêmes. Un exemple de ce dernier aspect est l'accord de cinq ans entre TransAlta et le gouvernement de l'Alberta, qui permet au ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta de modifier le niveau des réservoirs appartenant à TransAlta sur la rivière Bow afin d'augmenter les débits pendant les années sèches et de disposer d'un stockage supplémentaire pendant les périodes humides (Gouvernement de l'Alberta, 2018).

Il existe des différences dans les stratégies et les approches de promotion entre les organisations ayant des rôles différents dans la gouvernance de l'eau (Global Water Futures, 2020). Par exemple, les groupes environnementaux et sans but lucratif ont tendance à privilégier la communication de renseignements et le travail de mobilisation communautaire et à préférer une approche de la gestion de l'eau fondée sur la réglementation, tandis que les organisations agricoles et industrielles préfèrent discuter de solutions fondées sur le marché pour relever les défis de la gestion de l'eau, comme le financement de la modernisation des infrastructures pour améliorer l'efficacité, la subvention des pratiques de gestion exemplaires et la mise en place de régimes d'assurance.

4.5.5 Conclusion

L'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'eau implique le renforcement des capacités de planification et de gestion de l'eau, la mobilisation de la population à l'égard des investissements ainsi que des changements institutionnels et comportementaux. La mobilisation multisectorielle et l'amélioration des possibilités d'apprentissage social parmi les scientifiques, les professionnels de l'eau, les organisations de la société civile et le grand public sont essentiels pour construire une infrastructure sociale qui favorise la prise de décision adaptative dans le secteur de l'eau. Le partage des connaissances sur la nécessité d'agir et les conséquences de l'inaction permettrait d'accroître le soutien de la population aux mesures politiques.

4.6 La vulnérabilité des réseaux d'alimentation en eau peut être réduite grâce à des données de qualité et à une conception résiliente

La réduction des vulnérabilités des réseaux d'alimentation en eau implique l'identification des points faibles sous les conditions climatiques actuelles et futures et l'accès à des données de haute qualité et pertinentes à l'échelle locale. Alors que la qualité et la résolution des données pour la surveillance des changements dans des systèmes environnementaux incertains sont variables, des pratiques de conception résilientes sont en cours d'émergence.

Étant donné que les ressources sont limitées pour relever les nombreux défis complexes et généralisés liés à l'eau, il est important de cerner les zones et les secteurs qui sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques et qui nécessitent une attention particulière en matière de gestion. Pour remédier à ces vulnérabilités, les praticiens doivent avoir accès à des données de haute qualité et pertinentes à

l'échelle locale. Bien qu'il existe de nombreuses sources d'information et à différentes échelles sur les réseaux d'alimentation en eau et les futurs impacts climatiques dans l'ensemble du Canada, il existe des variations considérables dans la qualité et dans la résolution temporelle et spatiale des données disponibles. La conception et la gestion des infrastructures sont souvent basées sur des renseignements historiques qui n'ont plus la même pertinence dans un contexte de changements climatiques. Les exigences relatives à la conception, à la construction et à l'exploitation évoluent pour pallier ces vulnérabilités. Le protocole du Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques (CVIIP) (Ingénieurs Canada, s.d.) et l'utilisation des infrastructures naturelles se sont révélés être des outils essentiels pour aborder la vulnérabilité aux changements climatiques des infrastructures de ressources en eau au Canada.

4.6.1 Introduction

De nombreuses évaluations de la vulnérabilité et des risques liés aux changements climatiques et à l'eau ont été menées dans l'ensemble du pays, à différentes échelles et pour différents enjeux. Par exemple, des évaluations ont été effectuées dans la région de l'Atlantique pour les zones côtières et les ressources en eau (p. ex. Cochran et coll., 2012; Gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador, 2012; AMEC Environment & Infrastructure, 2012; Ferguson et Beebe, 2012), au Québec pour la qualité et l'utilisation de l'eau (p. ex. Jalliffier-Verne et coll., 2017; Tremblay, 2016; Carrière et coll., 2010), dans la région des Grands Lacs pour les terres humides et les écosystèmes aquatiques (p. ex. Tu et coll., 2017; Chu, 2015; Lemieux et coll., 2014; Mortsch et coll., 2006), dans les Prairies pour les sécheresses et les inondations (p. ex. Wittrock et coll., 2018; KGS Group, 2016; Thomson Agri-Environmental, 2011a, b; Magzul et Rojas, 2006), en Colombie-Britannique pour l'hydroélectricité et les inondations côtières (p. ex. Associated Engineering [C.-B.] Ltd, 2018; Northwest Hydraulic Consultants Ltd, 2014; Jost et Weber, 2013) et dans le Nord du Canada pour le dégel du pergélisol et des réserves d'eau vulnérables (p. ex. BGC Engineering, 2011; Goulding, 2011; Nesbitt, 2010).

Les synthèses de ces évaluations soulignent la diversité des méthodologies et des organisations (p. ex. les organisations de bassin versant, les universités, les gouvernements) impliquées (Perdeaux et coll., 2018) ainsi que les défis techniques liés à la définition de toute une série d'impacts et de dangers liés aux changements climatiques sur les systèmes de ressources en eau (Nodelcorp Consulting, 2014). Cela est particulièrement vrai pour les organisations dont les capacités financières et techniques sont limitées (Lemieux et coll., 2014; Plummer et coll., 2012).

4.6.2 Les systèmes d'information sur l'eau

Une surveillance efficace est un élément clé d'une adaptation réussie (Hall et coll., 2014). Les praticiens de l'eau ont besoin d'avoir accès à des données de haute qualité et pertinentes à l'échelle locale, car de nombreuses décisions fondamentales relatives à l'eau sont justement prises à l'échelle locale (Global Water Futures, 2020) et de bons renseignements sont nécessaires pour évaluer les vulnérabilités aux risques liés aux changements climatiques (Réseau canadien de l'eau, 2019). Malheureusement, la collecte de données de haute qualité, systématique et régularisée n'est pas la norme dans de nombreuses régions du Canada (Nodelcorp Consulting, 2014) et les données sur les impacts des changements climatiques ne sont pas

toujours disponibles ou reliées aux processus décisionnels (Réseau canadien de l'eau, 2019). Les ensembles de données essentiels pour les praticiens de l'eau sont administrés par divers ministères fédéraux, tandis que les organismes provinciaux et territoriaux fournissent des renseignements comme l'épaisseur de la neige, le débit des cours d'eau et le niveau des lacs (voir le tableau 4.2). Des organisations non gouvernementales, telles que le Pacific Climate Impacts Consortium en Colombie-Britannique, le Prairie Climate Centre, l'Ontario Climate Consortium et Ouranos, fournissent des ressources supplémentaires, notamment des scénarios sur les changements climatiques et l'hydrologie. Cependant, la capacité à fournir ces renseignements est inégale selon les organisations et les gouvernements, et les données varient considérablement sur les plans de la qualité ainsi que de résolution temporelle et spatiale (Koshida et coll., 2015; Dunn et Bakker, 2011).

Tableau 4.2 : Une collection d'ensembles de données, de ressources et d'outils nationaux et régionaux sur l'eau et les changements climatiques

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Gouvernement du Canada	La Série GéoBase du Réseau hydro national fournit des données géospatiales et des attributs géométriques des eaux de surface intérieures du Canada.	Shapefiles	Pancanadienne	< https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/a4b190fe-e090-4e6d-881e-b87956c07977 >
	Les Archives canadiennes des données sur les marées et niveaux d'eau contiennent des observations historiques provenant de sites de surveillance canadiens et internationaux.	Ensembles de données	Pancanadienne (observations s'échelonnant sur des périodes allant jusqu'à 50 ans, remontant à 1848)	< https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/87b08750-4180-4d31-9414-a9470eba9b42 >

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Gouvernement du Canada (continué)	Le Service météorologique du Canada, 50 Simulation rétrospective des vagues pour l'Atlantique Nord fournit toutes les heures des données sur les séries chronologiques de vent et de vagues à partir de modèles climatiques rétrospectifs.	Ensembles de données	Côte Est du Canada pour la période de 1954 à 2018	< https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/f3f0312d-d28b-400c-b14a-28f51ff7f08a >
Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC)	Le site Web Guetter la sécheresse fournit des renseignements sur les conditions de sécheresse, l'humidité des sols et d'autres variables climatiques.	Ensembles de données et outils de cartographie en ligne	Pancanadienne	< https://www.agr.gc.ca/eng/agriculture-and-the-environment/drought-watch/?id=1461263317515 >
	Le Projet des bassins hydrographiques d'AAC (2013) fournit des ensembles de données relatifs aux bassins hydrographiques pour les provinces des Prairies. Les données comprennent des renseignements sur le drainage, la zone de drainage, les stations hydrométriques, etc.	Ensembles de données	Alberta, Saskatchewan, Manitoba et certaines parties de la Colombie britannique, des Territoires du Nord-Ouest, du Nunavut et de l'Ontario.	< https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/c20d97e7-60d8-4df8-8611-4d499a796493 >



ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Centre canadien des services climatiques	Le Centre canadien des services climatiques offre un accès à divers ensembles de données climatiques.	Ensembles de données et outils de cartographie en ligne	Pancanadienne	https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/canadian-centre-climate-services/display-download.html
Environnement et Changement climatique Canada	Les Relevés hydrologiques du Canada présentent des données hydrométriques historiques et en temps réel recueillies dans des stations réparties dans l'ensemble du Canada.	Ensembles de données et outils de création de graphiques en ligne	Pancanadienne	https://eau.ec.gc.ca/index_f.html
Ressources naturelles Canada	La Plateforme canadienne d'adaptation aux changements climatiques fournit des liens vers diverses ressources pour soutenir la planification de l'adaptation.	Forum collaboratif avec des ressources accessibles aux décideurs	Pancanadienne	https://www.rncan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/plateforme-canadienne-dadaptation-changements-climatiques/10028

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Ressources naturelles Canada (continué)	Les Guides d'orientation fédéraux sur la cartographie des zones inondables guident les activités de cartographie des inondations dans l'ensemble du pays. (Fait partie de la Plateforme du Canada pour la réduction des risques de catastrophe)	Documents	Pancanadienne	https://www.bio.gc.ca/science/data-donnees/can-ewlat/index-fr.php
Pêches et Océans Canada	L'Outil canadien d'adaptation aux niveaux d'eau extrêmes soutient l'adaptation des infrastructures côtières face aux extrêmes liés à l'eau.	Application en ligne	Le littoral du Canada	https://www.bio.gc.ca/science/data-donnees/can-ewlat/index-fr.php
Sécurité publique Canada	La Base de données canadienne sur les catastrophes fournit des renseignements sur les catastrophes canadiennes et internationales depuis 1900.	Ensembles de données	Pancanadienne (de 1900 jusqu'à présent)	https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/rsrscs/cndn-dsstr-dtbs/index-fr.aspx

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Global Institute for Water Security	Le réseau sur les régions froides en changement offre un accès en ligne aux données relatives à l'eau et aux résultats issus de modèles et d'observatoires.	Ensembles de données	Pancanadienne	http://www.ccrnetwork.ca/
The Gordon Foundation	DataStream est une plateforme de données en ligne à accès libre permettant d'échanger des données entre divers programmes de collecte de données, allant des associations communautaires aux organisations universitaires. Des flux de données existent pour les bassins versants du fleuve Mackenzie, du lac Winnipeg et des bassins versants du Canada atlantique.	Ensembles de données	Les bassins versants du fleuve Mackenzie, du Lac Winnipeg et du Canada atlantique	https://gordonfoundation.ca/initiatives/datastream/
Gouvernement du Yukon	Le Water Data Catalogue est une carte interactive de données sur des variables en temps quasi réel et historiques relatives à l'eau.	Carte interactive avec des sources de données accessibles	Yukon	http://yukon.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=2365a4c0b8744f34be7f1451a38493d2

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Gouvernement du Nunavut	L'Office des eaux du Nunavut fournit des données sur les permis d'utilisation des eaux et les projets dans l'ensemble du territoire.	Carte interactive et données	Nunavut	< https://www.nwb-oen.ca/fr/nwb-license-map >
Gouvernement de la Colombie-Britannique	Le BC Water Resources Atlas présente diverses données détaillées sur l'eau.	Ensemble de données et outil de cartographie en ligne	Colombie-Britannique	< http://maps.gov.bc.ca/ess/hm/wrbc/ >
	Le changement dans la date et le volume du débit des rivières en Colombie-Britannique est un ensemble de données hydrologiques à long terme de 1912 à 2012.	Ensembles de données, graphiques et code associé en langage R	Colombie-Britannique	< http://www.env.gov.bc.ca/soe/indicators/climate-change/rivers.html >
	Le GeoWeb Water Portal affiche des données historiques et actuelles sur l'eau et le climat pour les stations sur l'ensemble de la province.	Carte interactive et ensembles de données téléchargeables	Nord de la Colombie-Britannique	< http://waterportal.geoweb.bcogc.ca/#12/54.3891/-126.7240 >
	Le BC Water Tool affiche des rapports sur les bassins versants, des données sur les écoulements fluviaux et des données sur la qualité des eaux souterraines et de surface.	Carte interactive en ligne et ensembles de données téléchargeables	Colombie-Britannique méridionale et côtière	< http://kwt.bcwatertool.ca/streamflow >

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Gouvernement de la Colombie-Britannique (continué)	Le réseau provincial de puits d'observation des eaux souterraines affiche les données de 190 stations de surveillance provinciales.	Carte interactive en ligne et ensemble de données téléchargeable	Colombie-Britannique	https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/air-land-water/water/groundwater-wells-aquifers/groundwater-observation-well-network
	Des données sur l'eau en temps réel pour la neige, les eaux souterraines et les stations hydrométriques sont affichées sur une carte interactive.	Carte interactive et ensembles de données téléchargeables	Colombie-Britannique	https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/air-land-water/water/water-science-data/water-data-tools/real-time-water-data-reporting
	La page Variation du niveau de la mer en Colombie-Britannique (1910–2014) présente un résumé des tendances des observations du niveau de la mer provenant de quatre stations de surveillance à long terme.	Ensemble de données	Colombie-Britannique	https://www.env.gov.bc.ca/soe/indicators/climate-change/sea-level.html#:~:text=Average%20sea%20level%20has%20risen,centimetres%20per%20century%20at%20Vancouver

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Pacific Climate Impacts Consortium	La page Station Hydrologic Model Output fournit des données simulées sur l'écoulement fluvial des lieux situés dans toute la Colombie-Britannique.	Carte interactive avec ensembles de données téléchargeables	Colombie-Britannique	https://www.pacificclimate.org/data/station-hydrologic-model-output
	La page Gridded Hydrologic Model Output fournit des projections hydrologiques maillées pour quatre bassins versants de la province.	Carte interactive avec ensembles de données téléchargeables	Colombie-Britannique (quatre bassins versants)	https://www.pacificclimate.org/data/gridded-hydrologic-model-output
	L'explorateur climatique du PCIC (PCEX) permet de visualiser les futures projections des conditions climatiques dans les régions du Pacifique et du Yukon à partir des données à échelle réduite du MCM CMIP5 avec une résolution de 10 km et une résolution temporelle quotidienne.	Carte interactive, graphiques et ensembles de données téléchargeables	Régions du Pacifique et du Yukon (de 1961 à 2099)	https://pacificclimate.org/analysis-tools/pcic-climate-explorer



ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Fraser Basin Council	Le site Web Retooling for Climate Change soutient les gouvernements locaux dans la préparation de l'adaptation aux changements climatiques.	Guides, rapports de synthèse et autres renseignements présentés à titre documentaire	Colombie-Britannique	<https://www.retooling.ca/>
Université de la Colombie-Britannique	Future Delta 2.0 est un jeu vidéo sérieux qui permet d'explorer en temps réel des scénarios locaux de changements climatiques dans des cadres régionaux.	Jeu vidéo éducatif	Colombie-Britannique	<https://futuredelta2.ca/>
Gouvernement de l'Alberta	Les utilisateurs des données sur la qualité des eaux de surface peuvent consulter et télécharger des variables sur la qualité de l'eau dans les lacs et les rivières dans l'ensemble de la province.	Ensembles de données et carte interactive	Alberta	<https://www.alberta.ca/surface-water-quality-data.aspx>

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Gouvernement de l'Alberta (continué)	L'application Alberta River Basins est une carte interactive montrant une variété de données en temps quasi réel concernant l'eau.	Carte interactive et ensembles de données téléchargeables	Alberta	https://www.gov.mb.ca/water/drought/condition/
	L'Alberta Water Licence Viewer est une application Web interactive qui permet aux utilisateurs de rechercher les permis d'utilisation de l'eau existants.	Carte interactive	Alberta	http://waterlicences.alberta.ca/
Agence de sécurité de l'eau de la Saskatchewan	La section du site Web consacrée aux lacs et aux rivières fournit des prévisions en temps quasi réel sur le débit et le niveau des cours d'eau, ainsi que des prévisions sur dix jours.	Hydrographies et données sur l'écoulement fluvial	Saskatchewan	https://www.wsask.ca/Lakes-and-Rivers/
	L'application Web Water Wells GIS fournit des renseignements sur les puits d'eau en Saskatchewan, y compris des renseignements sur la lithologie locale, les dates d'achèvement et la profondeur des puits.	Carte interactive avec ensembles de données téléchargeables	Saskatchewan	https://gis.wsask.ca/Html5Viewer/index.html?viewer=WaterWells.WellsViewer/

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Gouvernement du Manitoba	Le site Web du Manitoba Drought Monitor fournit des prévisions hydrologiques, des rapports, des alertes d'inondation et de l'information sur les sécheresses.	Carte interactive et ensemble de données téléchargeables	Manitoba	https://www.gov.mb.ca/water/drought_condition/
	Le Centre de prévision des régimes fluviaux fournit des prévisions, des cartes et des renseignements hydrologiques à jour pour les lacs et les rivières.	Données et carte interactive	Manitoba	https://gov.mb.ca/mit/floodinfo/index_fr.html/
Gouvernement de l'Ontario	Les Statistiques hydrologiques de référence fournissent des données sur les régimes d'écoulement fluvial dans le sud-ouest de la baie d'Hudson et les bassins hydrographiques de la rivière Nelson. Les données comprennent la fréquence, la date, la durée et le débit aux emplacements des stations de mesure de la Division des relevés hydrologiques du Canada.	Ensembles de données	Ontario, sud-ouest de la baie d'Hudson et bassin hydrographique de la rivière Nelson	https://data.ontario.ca/fr/dataset/baseline-hydrology-statistics

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Gouvernement de l'Ontario (continué)	Les cartes Far North Major River Systems fournissent des renseignements sur la surveillance des cours d'eau et du climat.	Carte interactive et ensemble de données téléchargeables	Ontario	https://geohub.lio.gov.on.ca/datasets/major-river-systems-in-the-far-north
	La Carte du Réseau provincial de contrôle de la qualité de l'eau disponible en ligne fournit des données sur la chimie de l'eau provenant de sites d'échantillonnage.	Carte interactive et ensembles de données téléchargeables	Ontario	https://www.ontario.ca/fr/environnement-et-energie/carte-du-reseau-provincial-de-contrôle-de-la-qualité-de-leau
	La Recherche de courbes intensité-durée-fréquence est une application Web permettant de récupérer les courbes IDF des chutes de pluie.	Ensembles de données et création de graphiques en ligne	Ontario	http://www.mto.gov.on.ca/IDF_Curves/terms.shtml
Ontario Climate Consortium (OCC)	Le site Web de l'OCC fournit aux décideurs des données climatiques de haute qualité et propres à chaque région.	Rapports et autres publications	Ontario	https://climateconnections.ca/programs/

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Institut international du développement durable (IISD)	<p>La région des lacs expérimentaux de l'IISD fournit des ensembles de données à long terme sur les écosystèmes et l'atmosphère qui sont disponibles sur demande. Les métadonnées comprennent des données de recherche sur l'hydrologie, la limnologie physique, le zooplancton, les poissons, l'écologie des algues, la chimie et la météorologie.</p>	Métadonnées	Le nord-ouest de l'Ontario (58 petits lacs et leurs bassins versants) (de 1968 à aujourd'hui)	<https://www.iisd.org/ela/science-data/our-data/metadata/>
Gouvernement du Québec	<p>Le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques fournit des prévisions hydrologiques et hydroclimatologiques ainsi que des données historiques.</p>	Ensembles de données	Québec	<https://www.cehq.gouv.qc.ca/prevision/index.asp>
	<p>L'Atlas hydroclimatique du Québec méridional décrit le régime hydrique actuel et futur du sud du Québec.</p>	Carte interactive et ensemble de données	Québec	<https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/index.htm>



ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Gouvernement du Nouveau-Brunswick	L'outil de Surveillance des cours d'eau et de prévision des inondations fournit des prévisions de cinq jours sur les inondations et de l'information sur les niveaux d'eau historiques.	Ensembles de données	Nouveau-Brunswick	https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/nouvelles/alerte/SurveillanceDesCoursDEau.html
	Les Données d'érosion côtière affichent les tendances de l'érosion côtière et du déplacement du littoral en fonction de sites de mesure déterminés.	Ensembles de données	Nouveau-Brunswick	http://www.snb.ca/geonb1/f/apps/apps-F.asp
Gouvernement de la Nouvelle-Écosse	La base de données sur les événements d'inondation contient des documents historiques concernant les inondations survenues en Nouvelle-Écosse depuis 1992.	Carte interactive	Nouvelle-Écosse (de 1992 à février 2015)	https://mathstat.dal.ca/~ameliay/flood/

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Gouvernement de la Nouvelle-Écosse (continué)	Les cartes des risques d'inondation côtière du MRN fournissent des cartes statiques des risques d'inondation le long des côtes et des systèmes de soutien aux décisions d'urgence en cas d'inondation côtière pour différentes régions de la province.	Carte interactive	Nouvelle-Écosse	< https://agrgims.cogs.nsc.ca/CoastalFlooding/lidar-mapping >
	La carte interactive quadrillée The Potential Impact of Drought to Private Wells montre les pénuries potentielles d'eau et le risque de sécheresse.	Carte interactive	Nouvelle-Écosse	< https://fletcher.novascotia.ca/DNRViewer/?viewer=DroughtIndex >
Nova Scotia Community College	La carte interactive des ondes de tempête côtières du AGRG est un système d'aide à la décision pour les risques d'inondation dus aux ondes de tempête et à l'élévation du niveau de la mer.	Carte interactive et données	Nouvelle-Écosse	< http://agrgims.cogs.nsc.ca/CoastalFlooding/Map/ >

ORGANISATION	DESCRIPTION DES RESSOURCES	TYPE DE DONNÉES	ÉCHELLE	LIEN
Gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard	La base de données Surface Water Quality fournit des renseignements sur les lieux d'échantillonnage, des données téléchargeables et des représentations visuelles.	Ensembles de données et outils de représentation visuelle	Île-du-Prince-Édouard	https://www.princeedwardisland.ca/en/service/view-surface-water-quality
Gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador	L'outil interactif Geoscience Atlas permet aux utilisateurs de sélectionner et de visualiser des couches qui comprennent des variables de surveillance côtière.	Ensembles de données et outils de cartographie	Terre-Neuve-et-Labrador	https://gis.geosurv.gov.nl.ca/
Solutions d'adaptation aux changements climatiques pour l'Atlantique	L'outil d'adaptation des communautés côtières soutient la prise de décision en matière d'inondation et d'érosion côtière.	Rapports et études de cas	Canada atlantique	https://atlanticadaptation.ca/fr/contenu/orientation-sur-ladaptation-aux-inondations-et-lerosion-cotieres
National Snow and Ice Data Center (NSIDC) des États-Unis	L'ensemble de données sur la climatologie des glaces contient des données à long terme sur l'état des glaces dans des régions géographiques déterminées.	Ensembles de données	Arctique et Antarctique	https://nsidc.org/data/sipn/data-sets.html

Note : cette liste n'est pas exhaustive et les URL peuvent changer au fil du temps.

Le Centre canadien des services climatiques (CCSC) a été créé par Environnement et Changement climatique Canada en 2018 pour aider à traiter cette question et renforcer la collaboration au sujet de la mise en commun de renseignements à l'échelle nationale. L'objectif du CCSC est de fournir des renseignements sur les changements climatiques faisant autorité, pertinents et à jour, ainsi que de l'aide à l'interprétation de ces renseignements. Le Centre joue un rôle indirect important dans la centralisation des ressources liées aux changements climatiques et aux ressources en eau réparties entre de nombreuses organisations. Il parachève les travaux entrepris par d'autres, tels que les Initiatives de collaboration pour l'adaptation régionale (ICAR) du Canada, qui ont produit des évaluations, des guides et des études techniques sur la vulnérabilité et ont considérablement accru la sensibilisation aux questions liées aux changements climatiques, ce qui a permis d'obtenir un certain nombre de résultats dans la lutte contre les risques sur les ressources en eau découlant des changements climatiques (Eyzaguirre, 2015).

Malgré ces efforts, il existe des lacunes importantes dans les systèmes canadiens d'information sur l'eau et celles-ci posent des défis en matière d'adaptation dans le secteur de l'eau, notamment :

- moins de stations de surveillance météorologique et hydrométrique dans les régions et les bassins versants du Nord du pays (Koshida et coll., 2015);
- disponibilité limitée des données sur les eaux souterraines, la qualité de l'eau, l'évapotranspiration, les écoulements restitués, les glaciers, les tendances futures et l'utilisation réelle de l'eau (Bakker et Cook, 2011; Corkal et coll., 2011; Sandford et coll., 2011; Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, 2010; Stratton, 2005; Langsdale et coll., 2004), la santé écologique (Fonds mondial pour la nature, 2017) et les infrastructures liées à l'eau (Conseil canadien des ingénieurs, 2008);
- recherches régionales inégales sur les tendances hydrologiques. Les recherches en cours se concentrent sur les régions du Nord, la Colombie-Britannique et la région des Prairies, avec moins d'études dans l'Est du Canada. Les analyses des sécheresses et les recherches sur les tendances climatologiques sont principalement centrées sur la région des Prairies (Mortsch et coll., 2015);
- compréhension limitée de la variabilité spatiale et temporelle des impacts des changements climatiques sur les ressources en eau (Shrestha, et coll., 2012);
- incertitudes associées aux outils de modélisation hydrologique, aux entrées de données et aux méthodes de génération de projections (Milner et coll., 2018; Cohen et coll., 2015; Brown et Wilby, 2012; Poulin et coll., 2011);
- peu de normalisation, de centralisation et de cohérence dans la collecte de données, dans les indicateurs et dans les méthodologies pour les évaluations des risques (Moody et Brown, 2012) et les études sur la disponibilité de l'eau (Koshida et coll., 2015; Dunn et Bakker, 2011);
- incertitude des intervenants quant aux données existantes, à la manière dont elles peuvent être obtenues et intégrées dans la planification et aux responsables de la collecte et de l'assemblage des données (Réseau canadien de l'eau, 2019; Ontario Centre for Climate Impacts and Adaptation Resources, 2011; Telfer et Droitsch, 2011; Diaz et coll., 2009).

Ces lacunes se traduisent par une capacité inégale des systèmes d'information à mettre en place des institutions et des infrastructures résilientes et outillées pour s'adapter.

4.6.3 Les infrastructures liées à l'eau

Les infrastructures fournissent des services essentiels aux Canadiens. Par exemple, les barrages assurent le contrôle des inondations, l'approvisionnement en eau et la production hydroélectrique; les infrastructures des eaux usées éliminent les nutriments et les toxines nocives des effluents pour répondre à des normes sanitaires et environnementales; les stations de pompage acheminent l'eau aux industries, aux collectivités et aux foyers. Par ailleurs, on comprend peu à peu que les infrastructures naturelles, comme les terres humides, les forêts et les sols, produisent des résultats similaires à ceux des infrastructures construites, à un coût moindre et de manière plus efficace (Moudrak et coll., 2018), ce qui résulte en grande partie de la réduction des coûts d'entretien et de gestion du cycle de vie.

Les impacts des changements climatiques liés à l'eau constituent certains des principaux dangers pour toutes les infrastructures au Canada (Sécurité publique Canada, 2018) et peuvent se manifester par des dommages physiques, des perturbations du service et une augmentation des coûts d'entretien et d'exploitation (Boyle et coll., 2013). Les infrastructures vieillissantes sont particulièrement vulnérables aux impacts des changements climatiques (Sécurité publique Canada, 2018).

Trois évaluations donnent un aperçu général des dangers des changements climatiques liés à l'eau, des vulnérabilités des infrastructures et des mesures d'adaptation au Canada (Andrey et coll., 2014; Boyle et coll., 2013; Conseil canadien des ingénieurs, 2008). Bien que des évaluations approfondies de la vulnérabilité aient été entreprises aux échelles locale et régionale, beaucoup moins de renseignements sont disponibles aux échelles provinciale et nationale (Boyle et coll., 2013). L'insuffisance de renseignements est le principal facteur limitant une évaluation pancanadienne systématique des infrastructures liées à l'eau (Andrey et coll., 2014). Cependant, les principaux dangers et risques pour ces infrastructures sont identifiés dans les évaluations énumérées ci-dessus et sont résumés dans la figure 4.10.

Le protocole du Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques (CVIIP) est un outil essentiel pour évaluer la vulnérabilité des infrastructures des ressources en eau au Canada (voir l'encadré 4.3).

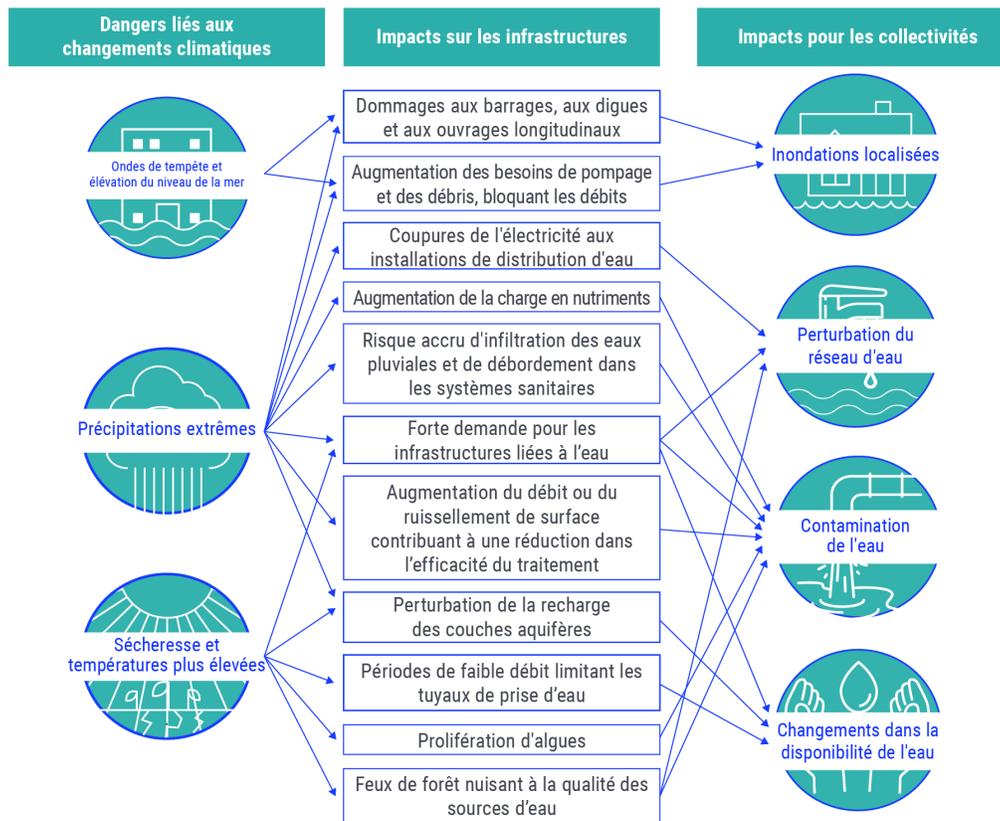


Figure 4.10 : Principaux dangers des changements climatiques et risques pour les infrastructures liées à l'eau.

Encadré 4.3 : Évaluer la vulnérabilité des infrastructures

Le protocole du Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques (CVIIP) est une procédure en cinq étapes visant à évaluer systématiquement la vulnérabilité technique et les risques liés aux impacts des changements climatiques actuels et futurs; cette procédure peut être appliquée à tout type d'infrastructure. Les cinq étapes comprennent (1) la définition du projet, (2) la collecte de données, (3) l'évaluation de la vulnérabilité (voir la figure 4.11), (4) l'analyse des indicateurs de vulnérabilité et (5) les recommandations pour renforcer la résilience.

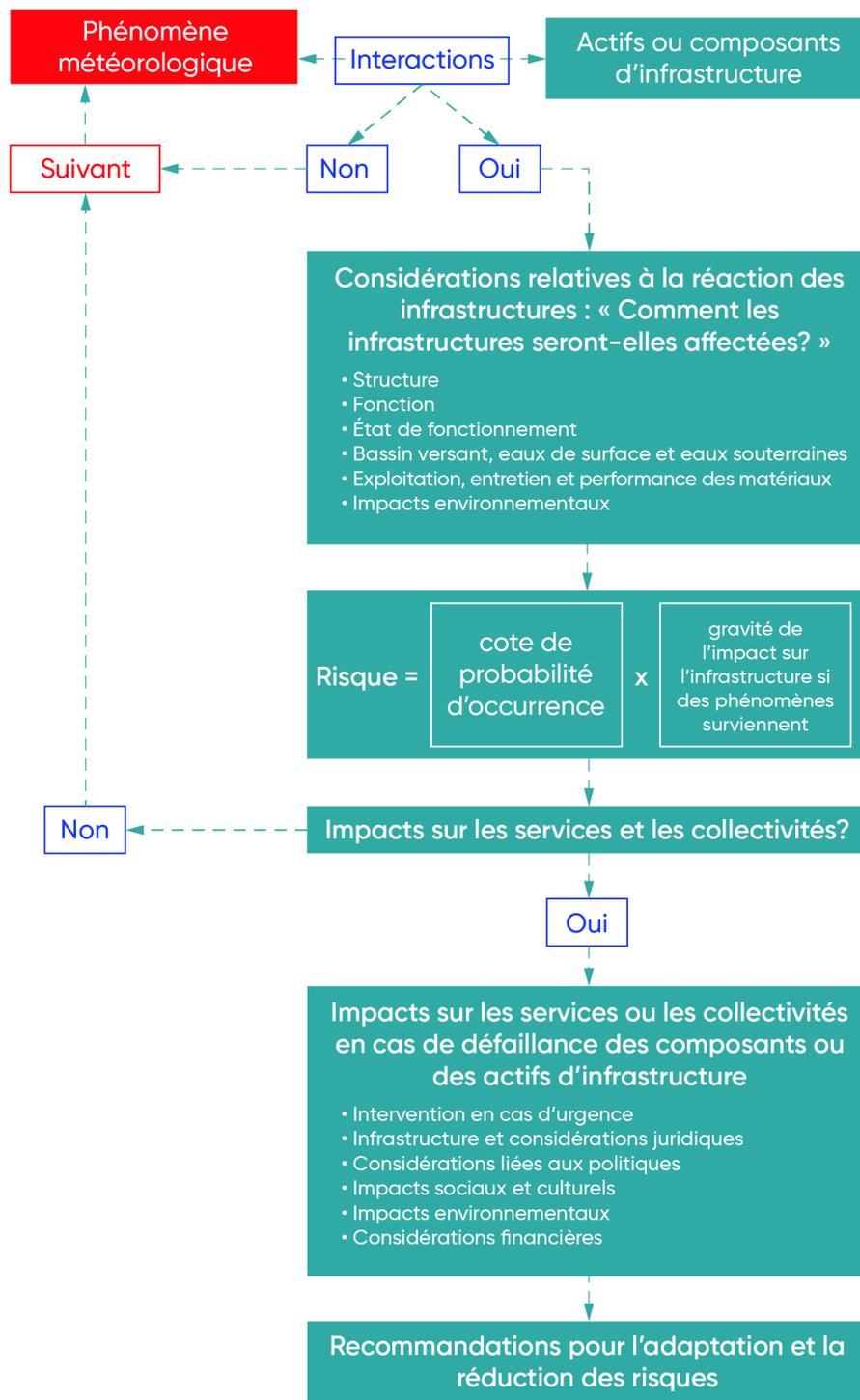


Figure 4.11 : Organigramme illustrant l'étape 3 du protocole du Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques (CVIIP). L'étape 3 comprend une évaluation de la vulnérabilité afin de déterminer les relations entre les changements climatiques et les impacts sur les infrastructures. Source : Adapté de Félio, 2017.

Le protocole du CVIIP a été appliqué dans des dizaines d'évaluations d'infrastructures locales liés à l'eau, ce qui a conduit à toute une série de conclusions et de recommandations. Par exemple, la Ville de Calgary a conclu que son infrastructure d'approvisionnement en eau est généralement résiliente aux impacts des changements climatiques (Associated Engineering, 2011), tandis que la Ville de Nelson a constaté que son infrastructure des eaux pluviales nécessitait des investissements supplémentaires pour atténuer les problèmes d'inondation (voir l'étude de cas 4.7; Paré, 2014). En général, les conclusions des études de cas font ressortir les pratiques exemplaires en matière de conception et d'exploitation résilientes des infrastructures liées à l'eau, notamment :

- un bon entretien et une bonne gestion : les infrastructures plus âgées ou mal entretenues et mal gérées sont plus exposées aux risques des impacts des changements climatiques;
- l'intégration de redondances dans les réseaux d'alimentation en eau (p. ex. plusieurs points d'injection et mécanismes de distribution);
- pour les nouvelles infrastructures, la prise en compte des impacts des changements climatiques lors de la conception du projet afin d'éviter des améliorations écoénergétiques ou des mises à niveau des installations difficiles et coûteuses une fois construites;
- veiller à ce que les codes, normes et instruments connexes relatifs aux infrastructures correspondent à des renseignements fiables et à jour ou tiennent compte des projections en matière de changements climatiques.

Ces évaluations attirent également l'attention sur trois vulnérabilités majeures des systèmes d'infrastructures liées à l'eau existants. Premièrement, ces systèmes supposent généralement que les conditions du passé s'appliqueront au futur, avec des règles de conception et d'exploitation basées sur des enregistrements empiriques tirés du passé plutôt que sur des conditions futures anticipées (Sauchyn et coll., 2016; Mguni, 2015; Boyle et coll., 2013; Hamlet, 2011; de Loë et Plummer, 2010; Minville et coll., 2010). Comme il n'est pas toujours évident de savoir avec quelles données climatiques ont été élaborés les codes, les normes ou les instruments connexes, l'élaboration des futures normes ne se résume pas toujours à la mise à jour des données climatiques passées (Andrey et coll., 2014). Deuxièmement, il existe une tendance à ne pas tenir compte des extrêmes climatiques à faible probabilité qui ont des impacts particulièrement néfastes (Sauchyn et coll., 2016). Les études de cas soulignent l'importance d'une planification et d'une préparation robustes aux situations d'urgence, ainsi que de systèmes d'alimentation électrique et de communications de secours, pour soutenir la conception et l'entretien des infrastructures (Félio, 2015; Nodelcorp Consulting, 2014). Troisièmement, les coûts liés à l'entretien des infrastructures, aux redondances, aux mises à niveau et aux règlements de plus en plus sévères sont considérables (de Loë et Plummer, 2010). Les plus récents bulletins de rendement des infrastructures canadiennes (2019, 2016) indiquent que si la majorité des réseaux d'eau potable, d'eaux usées et d'eaux pluviales sont jugés « bons », les taux de réinvestissement dans ces réseaux restent inférieurs aux taux requis pour les entretenir ou les améliorer (Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes, 2019, 2016).

Les exigences entourant la conception, la construction et l'exploitation évoluent pour pallier ces vulnérabilités. Par exemple, Infrastructure Canada a introduit une exigence d'évaluation sur « l'optique des changements climatiques » pour plusieurs de ses initiatives de financement en 2018. L'évaluation exige que les promoteurs envisagent des approches de gestion des risques pour s'adapter aux impacts liés aux changements

climatiques pendant le cycle de vie de l'infrastructure proposée et aux impacts potentiels en amont et en aval (p. ex. la réduction des inondations en aval grâce à l'aménagement de terres humides artificielles) (Infrastructure Canada, 2018).

Étude de cas 4.7 : Les impacts des changements climatiques sur les infrastructures d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées à Akwesasne

En 2015, Ingénieurs Canada a entamé des discussions avec l'Ontario First Nations Technical Services Corporation sur les impacts des changements climatiques sur les infrastructures dans les collectivités autochtones. L'intention était d'intégrer les considérations climatiques dans la planification de la gestion des biens des Premières Nations.

Le protocole du Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques (CVIIP) d'Ingénieurs Canada a été considéré comme la meilleure approche pour évaluer les risques climatiques pour les infrastructures, et les travaux ont fait leur progrès dans le territoire mohawk d'Akwesasne. Akwesasne est une collectivité d'environ 12 300 personnes réparties dans trois districts : Kawehno:ke (île de Cornwall, en Ontario), Kana:takon (Saint-Régis, au Québec) et Tsi:Snaihne (Snye, au Québec). Le territoire d'Akwesasne s'étend sur des parties de l'Ontario, du Québec et de New York et est gouverné par le Conseil des Mohawks d'Akwesasne et la Saint Regis Mohawk Tribe.

La première phase de l'étude (Félio, 2017) a fait appel au protocole du CVIIP pour évaluer la vulnérabilité aux impacts des changements climatiques dans les systèmes de collecte et de traitement de l'eau potable et des eaux usées de l'île de Cornwall, de Saint-Régis et de Snye. Les risques ont été classés en fonction de la probabilité et de la gravité des événements, mais comprenaient des cas particuliers tels que les événements à faible probabilité et fort impact. L'équipe a analysé les interactions entre le climat et les infrastructures qui auraient un impact sur la conception, la fonctionnalité, la capacité à fournir des services et les répercussions sur la collectivité, telles que les effets sociaux et culturels et les interventions d'urgence.

Les risques évalués différaient selon les lieux et les systèmes évalués, mais comprenaient principalement les impacts des changements climatiques liés à l'eau, à savoir les tempêtes de verglas, la grêle, les chutes de neige et les pluies ainsi que les tornades et les vents violents. Parmi ceux-ci, les interactions entre les dangers et les infrastructures considérées comme présentant des risques « élevés » et « extrêmes » sont appelées à augmenter au cours des années à venir (d'ici les années 2050).

L'étude a révélé que les infrastructures d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées d'Akwesasne semblent être en bon état et être capables de résister à un certain accroissement de la fréquence et de l'intensité des phénomènes climatiques prévus, avec la mise en garde que la détérioration des infrastructures augmentera les risques (Félio, 2017). Les mesures d'adaptation et de réduction des risques recommandées comprennent le maintien d'un niveau élevé de personnel des opérations, de compétences et de conditions infrastructurelles, la révision des politiques d'affectation des terres pour éviter

de construire dans les zones à haut risque au sein de la collectivité et la planification d'urgence, comme la mise en place d'un système d'alerte météorologique conjoint à un effort de sensibilisation publique (Félio, 2017).

La deuxième phase de cette étude a conduit à l'élaboration d'un protocole du CVIIP adapté aux collectivités des Premières Nations. Cette version du protocole fournit des conseils sur la façon d'intégrer les connaissances écologiques traditionnelles : elle est adaptée aux circonstances uniques qui ont un impact sur les collectivités autochtones (p. ex. des collectivités plus petites, des régions éloignées, etc.) (Ingénieurs Canada, 2018).

Le potentiel des solutions basées sur la nature ou des « infrastructures naturelles » pour réduire les impacts des changements climatiques liés à l'eau est également davantage reconnu (Stanley et coll., 2019; Moudrak et coll., 2018). L'infrastructure naturelle est définie comme « un réseau stratégiquement planifié et géré de terres naturelles, telles que des forêts et des terres humides, des paysages fonctionnels et d'autres espaces ouverts qui conservent ou améliorent les valeurs et les fonctions des écosystèmes et qui procurent des avantages connexes aux populations humaines » (Benedict et McMahon, 2006, p.). Cette infrastructure peut être entièrement naturelle (p. ex. une terre humide naturelle protégée) ou artificielle (p. ex. une terre humide restaurée munie d'une décharge artificielle) et peut être complémentaire à une infrastructure bâtie existante (Moudrak et coll., 2018). En matière de gestion des ressources en eau, les infrastructures naturelles ont tendance à être plus souples que les infrastructures bâties et présentent d'importants avantages connexes, tels que la séquestration du carbone et l'amélioration de la qualité de l'eau et de la santé des écosystèmes (voir le chapitre « [Services écosystémiques](#) »; Goldstein et coll., 2019; Stanley et coll., 2019; Moudrak et coll., 2018). La mise en œuvre généralisée des solutions d'infrastructures naturelles a été entravée par un manque de connaissances et d'expertise ainsi que par des processus politiques et réglementaires favorisant les infrastructures bâties (ICF, 2018). Néanmoins, un certain nombre d'exemples récents dans l'ensemble du Canada se sont révélés être des modèles de réussite en matière d'infrastructures naturelles pour atténuer les impacts des changements climatiques liés à l'eau (voir l'encadré 4.4).

Encadré 4.4 : Les options en matière d'infrastructures naturelles pour l'adaptation

La préservation des plaines inondables, la restauration des terres humides, les reculs contre les inondations, les canaux à deux étages (pour les débits élevés et faibles), les canaux évacuateurs (pour les débits élevés) et l'ajout de structures dans les cours d'eau et de végétation sur les berges sont autant de stratégies d'infrastructures naturelles qui réduisent les risques d'inondation fluviale (ICF, 2018). Ces solutions sont des méthodes efficaces pour renforcer la capacité des réseaux d'alimentation en eau à absorber les impacts des excédents d'eau. Par exemple, une étude a démontré que les terres humides naturellement présentes en Ontario ont permis de réduire les coûts des dommages causés aux bâtiments par les inondations de 3,5 millions de dollars pour un site rural et de 51,1 millions de dollars pour un site urbain, tandis qu'une autre étude a révélé qu'une terre humide restaurée et aménagée au Manitoba a permis de réduire les inondations,

d'améliorer la qualité de l'eau et d'obtenir d'autres avantages évalués à 3,7 millions de dollars (Moudrak et coll., 2018). Dans les centres urbains, le ruissellement de l'eau de pluie peut contribuer aux inondations urbaines et augmenter les charges de contaminants dans les eaux réceptrices. Les solutions d'infrastructures naturelles telles que les toits verts, les rigoles de drainage biologiques (surfaces inclinées et végétalisées), les bassins de biorétention, les jardins pluviaux, les arbres urbains et les rigoles de drainage végétales réduisent efficacement les risques liés au ruissellement pluvial sur de nombreux sites dans l'ensemble du Canada (voir le chapitre « [Villes et milieux urbains](#) »; ICF, 2018). Par exemple, le programme de toit vert de Toronto contribue à une réduction des eaux pluviales, estimée à un peu plus de 12 000 m³ (435 000 pi³) par an, en plus d'avoir permis la création de plus de 100 emplois liés à la conception, à la fabrication, à l'installation et à l'entretien de l'infrastructure (ICF, 2018). De manière semblable, des étangs naturels à Gibsons, en Colombie-Britannique, fournissent des services de stockage des eaux pluviales d'environ 4 millions de dollars par an (Moudrak et coll., 2018).

Le processus d'évaluation de la vulnérabilité a aidé les gestionnaires des ressources en eau dans l'ensemble du Canada à envisager comment les changements climatiques interagissent avec les systèmes en place et exacerbent les risques existants ou en produisent de nouveaux. Ce processus, à son tour, aide à trouver les mesures d'adaptation et, en fin de compte, à orienter la planification et l'allocation des ressources dans un contexte incertain.

4.7 Aller de l'avant

4.7.1 Lacunes dans les connaissances et besoins de recherche

Ce chapitre met en évidence certaines lacunes en matière de connaissances importantes et de mise en commun de renseignements qui constituent des défis pour les efforts de gestion adaptative des ressources en eau au Canada. Ces défis portent notamment sur ce qui suit :

- **L'accès aux données** : Bien qu'il existe une abondance de données et de recherches sur l'eau et le climat produites activement, à de nombreuses échelles et en de nombreux endroits dans l'ensemble du Canada, il existe des variations considérables entre ces données, avec peu de centralisation ni de normalisation (Dunn et Bakker, 2011). La question de savoir quelles données existent et comment elles peuvent être consultées, interprétées ou appliquées est donc empreinte d'incertitude (Telfer et Droitsch, 2011; Diaz et coll., 2009).

- **La définition d'orientations pour la prise de décisions** : Il existe un besoin crucial de traduire les connaissances scientifiques et techniques en orientations pratiques pour les décideurs, les gestionnaires, les praticiens et les intervenants. Cela comprend des conseils pour la prise en compte des changements climatiques dans la conception en ingénierie, les codes et les normes pour les infrastructures bâties et naturelles ainsi que dans les mandats politiques et institutionnels (Commission mixte internationale, 2018; de Loë, 2017; Andrey et coll., 2014; Nodelcorp Consulting, 2014; Conseil canadien des ingénieurs, 2008).
- **La mobilisation pour une compréhension commune** : La mobilisation des intervenants est essentielle pour faire progresser l'adaptation dans le secteur canadien de l'eau. L'élaboration de stratégies visant à établir des consensus ou des compromis autour de solutions entre les besoins et les objectifs contradictoires des groupes intervenant dans le secteur de l'eau est un domaine de pratique et d'étude émergent dans le secteur canadien de l'eau. Il est nécessaire de disposer de méthodes pratiques et efficaces pour aider les décideurs à s'orienter dans les interactions entre les intervenants, à négocier les conflits, à tenir compte de l'évolution des dynamiques sociales et à concilier les compromis entre les utilisations concurrentes de l'eau (Global Water Futures, 2020; Clark et coll., 2016; Hurlbert et Diaz, 2013; Hamlet, 2011; Ivey et coll., 2004).
- **La mobilisation des connaissances entre les producteurs et les utilisateurs du savoir** : Une mobilisation efficace des connaissances est nécessaire pour combler le fossé entre les organisations du secteur de l'eau et les connaissances générées par la communauté des chercheurs, mais également celles détenues par les praticiens et les intervenants du secteur de l'eau dans l'ensemble du Canada. La mobilisation des connaissances est un échange et une assimilation réciproques des connaissances entre les organisations et les personnes qui se consacrent à rendre la recherche utile à la société (Réseau Impact Recherche Canada, 2018). Les facteurs sociaux jouent un rôle important dans l'assimilation des nouvelles connaissances, et il est important de développer des relations solides, de confiance et significatives entre les chercheurs et les communautés d'utilisateurs des connaissances (Crona et Parker, 2011).

La prise en compte des besoins de recherche supplémentaires et des lacunes en matière de connaissances ci-dessous permettrait de mieux comprendre l'efficacité des efforts d'adaptation et de faire progresser les processus de gestion adaptative :

- **La surveillance et la collecte de données** : Les capacités de surveillance sont limitées, en particulier dans les régions nordiques, et il est nécessaire de disposer de données d'observation supplémentaires sur les eaux souterraines, la qualité de l'eau, l'évapotranspiration, les écoulements restitués, les glaciers et l'utilisation réelle de l'eau (Koshida et coll., 2015; Bakker et Cook, 2011; Corkal et coll., 2011; Sandford et coll., 2011; Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, 2010; Stratton, 2005; Langsdale et coll., 2004).
- **La modélisation et les prévisions** : Des études comparatives détaillées des modèles permettraient de mieux comprendre les failles de certains modèles et des analyses multi-modèles (Milner et coll., 2018; Cohen et coll., 2015; Brown et Wilby, 2012; Poulin et coll., 2011). De telles études permettraient de déployer à l'échelle nationale des modèles de prévision hydrologique et de qualité de l'eau de classe mondiale pour les prévisions à court et à long terme des

changements dans la disponibilité et la qualité de l'eau. Des méthodes pratiques pour clarifier, réduire ou prioriser les principaux domaines d'incertitude dans les modèles doivent être élaborées en collaboration avec la communauté des praticiens et mobilisées efficacement dans le secteur canadien de l'eau (Clark et coll., 2016; Razavi et Gupta, 2016; Brown et Wilby, 2012).

- **La compréhension des obstacles institutionnels** : Les obstacles institutionnels à l'adaptation sont trop peu étudiés et pas toujours bien compris, bien qu'ils soient reconnus comme un véritable problème par les praticiens de l'eau au Canada (Global Water Futures, 2020; Straith et coll., 2014). Il existe un besoin continu de regarder au-delà de la science et de la technologie en matière de changements climatiques afin de susciter des transformations de la gouvernance qui amélioreront la résilience climatique des réseaux d'alimentation en eau canadiens (Gober, 2013; de Loë et Plummer, 2010). Malgré le fait que l'importance de la gouvernance adaptative soit largement reconnue, les indicateurs de la résilience institutionnelle sont rarement reflétés dans les outils portant sur la vulnérabilité et une compréhension limitée quant à la manière de retenir et de mesurer ces concepts de manière adéquate est constatée (Plummer et coll., 2012).
- **La documentation des succès et des échecs** : L'évaluation des processus de gestion adaptative est essentielle. Toutefois, il manque souvent de documentation rigoureuse sur ce sujet dans la littérature spécialisée. L'évaluation est nécessaire aux échelles locale, régionale et nationale, y compris le suivi des résultats à court et à long terme des mesures d'adaptation. Bien que souvent évités, le recensement et la communication des échecs sont parfois plus utiles pour éclairer les efforts d'adaptation et l'apprentissage social.

4.8 Conclusion

L'eau est au cœur de la croissance économique, de la santé environnementale et de la stabilité sociale au Canada. Ce chapitre a montré que les réseaux d'alimentation en eau sont en transformation rapide en raison des changements climatiques et de l'action humaine. Les changements climatiques mondiaux ont déjà affecté le cycle de l'eau au Canada, dominé par le froid, en provoquant la fonte de la glace et de la neige, en perturbant la phase des précipitations et en modifiant la nature et la date des dangers naturels liés à l'eau. Les changements à venir sont incertains, mais ils comprennent les risques suivants : une réduction de la disponibilité de l'eau et une augmentation de la fréquence des sécheresses, en particulier dans le sud des Prairies et à l'intérieur de la Colombie-Britannique, des précipitations extrêmes contribuant aux inondations et des épisodes plus nombreux de prolifération d'algues nuisibles.

Il y a beaucoup à faire pour préparer le Canada à un avenir incertain concernant ses ressources en eau. L'incertitude n'est pas une invitation à l'inaction, mais elle change en revanche la manière dont nous devons nous préparer. Les institutions canadiennes de l'eau ont été historiquement organisées pour faire face à des conditions futures prévisibles dans la perspective où il nous serait possible d'extrapoler un avenir sur la base du passé. L'incertitude climatique a changé la donne. Les organisations de l'eau commencent à adopter la

modélisation exploratoire, les exercices de scénario et la gestion adaptative comme moyen de planification en contexte d'incertitude et d'ajustement des plans pour répondre aux changements des circonstances.

La responsabilité de l'adaptation dans le secteur des ressources en eau est également répartie entre un ensemble complexe de gouvernements et d'organisations impliqués dans des activités d'intendance de l'eau. Une coordination efficace entre ces groupes joue un rôle important dans le renforcement de l'adaptation dans le secteur des ressources en eau et est illustrée par les organisations transfrontalières de gestion des eaux au Canada. Les études de cas ont aussi mis en lumière le fait que l'adaptation est un processus local adapté au milieu. Alors que l'accès aux compétences techniques, aux ressources et aux connaissances contextuelles et adaptées au milieu est un atout pour l'adaptation, les défis en matière de capacités sont souvent concentrés dans les collectivités rurales, nordiques et autochtones. Ces collectivités sont souvent les plus vulnérables aux risques liés à l'eau dans le contexte des changements climatiques et assument une part disproportionnée des coûts de l'adaptation.

Les Canadiens subissent les impacts des changements climatiques dans leurs propres collectivités et ces impacts varient considérablement d'une région à l'autre du pays. Les praticiens de l'eau profitent d'un accès à des données climatiques de haute qualité et localement pertinentes afin de réduire les vulnérabilités des systèmes et des infrastructures, et les Canadiens sont plus susceptibles de soutenir les efforts d'adaptation lorsqu'ils comprennent les avantages connexes et disposent de renseignements qui leur permettent d'agir de manière décisive. Il est peu probable que des stratégies d'adaptation nationales uniformes ou uniques puissent permettre de relever le défi des changements climatiques ou de répondre aux valeurs des Canadiens de l'ensemble des régions.

Pourtant, les efforts d'adaptation sont à la traîne par rapport à ce qui sera nécessaire pour relever les défis posés par les changements climatiques. Ce sont pour la plupart des expériences ponctuelles locales plutôt que des processus institutionnalisés de gestion environnementale et de changement sociétal. Les risques liés à l'eau n'ont pas encore atteint le niveau d'urgence critique dans l'esprit des Canadiens et des Canadiennes pour déclencher le soutien en faveur de mesures généralisées et immédiates.

4.9 Références

- Abbott, G. et Chapman, M. (2018). « Addressing the New Normal 21st Century Disaster Management in British Columbia ». Rapport au gouvernement de la Colombie-Britannique. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www2.gov.bc.ca/gov/content/safety/emergency-preparedness-response-recovery/emergency-management-bc/reports>>
- Abu, R., Reed, M.G. et Jardine, T.D. (2019). « Using two-eyed seeing to bridge Western science and Indigenous knowledge systems and understand long-term change in the Saskatchewan River Delta, Canada ». *International Journal of Water Resources Development*, 1–20. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/07900627.2018.1558050>>
- Akamani, K. et Wilson, P.I. (2011). « Toward the adaptive governance of transboundary water resources ». *Conservation Letters*, 4, 409–416. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2011.00188.x>>
- Akerlof, K., DeBono, R., Berry, P., Leiserowitz, A., Rose-Renouf, C., Clarke, K.-L., Rogaeva, A., Nisbet, M.C., Weathers, M.R. et Maibach, E.W. (2010). « Public perceptions of climate change as a human health risk: Surveys of the United States, Canada and Malta ». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7, 2559–2606. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.3390/ijerph7062559>>
- Alberta Water Council (2017). « Looking Back: Evaluating Sector Improvements in Water Conservation, Efficiency and Productivity ». Edmonton, Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.awchome.ca/projectdocs/?file=d86483b3094da16b>>
- Alberta WaterSMART (2013). « Water Reuse in Alberta: Experiences and impacts on economic growth ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://watersmartsolutions.ca/wp-content/uploads/2018/08/Water-Reuse-in-Alberta-2013-Sust-Reg-Dev.pdf#:~:text=Water%20Reuse%20in%20Alberta%3A%20Experiences%20and%20Impacts%20on,treatment%20technologies%20have%20advanced%20significantly%20over%20the%20last>>
- Alberta WaterSMART (2016). « Climate Vulnerability and Sustainable Water Management in the South Saskatchewan River Basin: Final Report ». 129 p. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://albertawater.com/docs-work/projects-and-research/ssrb/178-ssrb-water-project-final-report-adaptation-roadmap-for-sustainable-water-management-in-the-ssrb-january-2016/file>>
- AMEC Environment & Infrastructure (2012). « Flood Risk and Vulnerability Analysis Project. Report submitted to Atlantic Climate Adaptation Solutions Association ». Department of Environment and Conservation, Newfoundland and Labrador. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://atlanticadaptation.ca/en/islandora/object/acasa%3A446>>
- Andrey, J., Kertland, P. et Warren, F.J. (2014). Infrastructure hydraulique et infrastructure de transport, Chapitre 8, dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*, F.J. Warren D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 233–252. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf>
- Aquije, D.D. (2016). « Paying for Stormwater Management: What are the Options? Report by The Institute on Municipal Finance and Governance ». Consulté en juin 2020 sur le site <https://munkschool.utoronto.ca/imfg/uploads/342/imfg_perspectives_no12_stormwater_daniella_davilaaquije_apr26_2016.pdf>
- Archer, L., Ford, J.D., Pearce, T., Kowal, S., Gough, W.A. et Allurut, M. (2017). « Longitudinal assessment of climate vulnerability: a case study from the Canadian Arctic ». *Sustainability Science*, 12, 15–29. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s11625-016-0401-5>>
- Armitage, D., Berkes, F., Dale, A., Kocho-Schellenberg, E. et Patton, E. (2011). « Co-management and the co-production of knowledge: Learning to adapt in Canada's Arctic ». *Global Environmental Change*, 21(3), 995–1004. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.006>>
- Associated Engineering (C.-B.) Ltd. (2018). « Final Report: Improving Coastal Flood Adaptation Approaches ». Préparé pour la Ville de Surrey, 351 p. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.surrey.ca/files/CFAS-ICFAA-FinalReport-29032018.pdf>>
- Associated Engineering (2011). « City of Calgary Water Supply Infrastructure: Climate Change and Vulnerability Risk Assessment ». Consulté en juin 2020 sur le site <https://pievc.ca/sites/default/files/city_of_calgary_water_supply_infrastructure_report_web.pdf>
- Association canadienne des barrages (2019). Barrages au Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.cda.ca/FR/Barrages_au_Canada/FR/Barrages_au_Canada.aspx?hkey=a8a17bd2-1d75-49c0-90b1-1849e2f73897>
- Association canadienne des eaux potables et usées (2015). « Public Attitudes Project: Changing Public Attitudes on the Value of Canada's Water System Infrastructure ». 28 p.
- Bakaic, M., Medeiros, A.S., Peters, J.F., et Wolfe, B.B. (2017). « Hydrologic monitoring tools for freshwater municipal planning in the Arctic: the case of Iqaluit, Nunavut, Canada ». *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 32913–32925. Consulté en février 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s11356-017-9343-4>>

- Bakker, K. et Cook, C. (2011). « Water governance in Canada: Innovation and fragmentation ». *International Journal of Water Resources Development*, 27, 275–289. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/07900627.2011.564969>>
- Banque Royale du Canada (2017). « Canadian Water Attitudes Study ». Blue Water Project, 92 p. Consulté en juin 2020 sur le site <http://www.rbc.com/community-sustainability/_assets-custom/pdf/CWAS-2017-report.pdf>
- Bauer, A. et Steurer, R. (2014). « Multi-level governance of climate change adaptation through regional partnerships in Canada and England ». *Geoforum*, 51, 121–129. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.10.006>>
- Benedict, M. et McMahon, E. (2006). « Green infrastructure: Linking landscapes and communities. » 2^e édition. Washington, DC: Island Press.
- Berkes, F. et Armitage, D. (2010). Institutions de co-gestion, connaissance et apprentissage. L'adaptation au changement dans l'Arctique. « *Les Inuit et le changement climatique* », 34(1), 109–131. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.7202/045407ar>>
- BGC Engineering Inc. (2011). « Public Infrastructure Engineering Vulnerability Committee Assessment for NWT Highway 3 ». Préparé pour le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, ministère des Transports, 212 p. Consulté en juin 2020 sur le site <https://pievc.ca/sites/default/files/2gnwt_hwy_3_west_yellowknife_report_web.pdf>
- Bizikova, L. et Vodicka, A. (2013). « Adaptive Policy Analysis of Nova Scotia: Selected policies and programs of Nova Scotia Environment ». Rapport de l'IIDD présenté à la Division des impacts et de l'adaptation liés au changement climatique, Ressources naturelles Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/adaptool_nova_scotia.pdf>
- Bizikova, L., Swanson, D., Tyler, S., Roy, D. et Venema, H.D. (2018). « Policy adaptability in practice ». *Policy Design and Practice*, 1, 47–62. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/25741292.2018.1436376>>
- Bizikova, L., Tyler, S., Roy, D. et Swanson, D. (2013). « Strengthening Adaptive Capacity in Four Canadian Provinces: ADAPTool analysis of selected sectoral policies. A synthesis report ». Rapport de l'IIDD présenté à la Division des impacts et de l'adaptation liés au changement climatique, Ressources naturelles Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/adaptool_synthesis.pdf>
- Bonsal, B.R., Peters, D.L., Seglenieks, F., Rivera, A. et Berg, A. (2019). « Évolution de la disponibilité de l'eau douce à l'échelle du Canada », chapitre 6 dans *Canada's Changing Climate Report*, E. Bush et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 261–342. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://changingclimate.ca/CCCR2019/fr/chapitre/6-0/>>
- Boyle, J., Cunningham, M. et Dekens, J. (2013). « Climate Change, Adaptation and Canadian Infrastructure: A review of the literature ». Préparé par l'Institut international du développement durable (IIDD), 40 p. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/adaptation_can_infrastructure.pdf>
- Brown, C. et Wilby, R.L. (2012). « An alternate approach to assessing climate risks ». *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 93(41), 401–402. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1029/2012EO410001>>
- Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes (2016). Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes : Éclairer l'avenir. 168 p. Consulté en juin 2020 sur le site <http://www.canadianinfrastructure.ca/downloads/Bulletin_de_rendement_des_infrastructures_canadiennes_2016.pdf>
- Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes (2019). Éclairer l'avenir : Évaluer la santé des infrastructures de nos collectivités. 56 p. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://www.canadianinfrastructure.ca/downloads/bulletin-rendement-infrastructures-canadiennes-2019.pdf>>
- Burch, S. (2010). « Transforming barriers into enablers of action on climate change: Insights from three municipal case studies in British Columbia, Canada ». *Global Environmental Change*, 20(2), 287–297. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.11.009>>
- Bureau d'assurance du Canada (2017). « Spring flooding in Ontario and Quebec caused more than \$223 million in insured damage ». Consulté en février 2021 sur le site <<http://www.ibc.ca/on/resources/media-centre/media-releases/spring-flooding-in-ontario-and-quebec-caused-more-than-223-million-in-insured-damage>>
- Bureau d'assurance du Canada (2019a). « Eastern Canada Spring Flooding Caused Close to \$208 million in Insured Damage ». Consulté en février 2021 sur le site <<http://www.ibc.ca/on/resources/media-centre/media-releases/eastern-canada-spring-flooding-caused-close-to-208-million-in-insured-damage>>
- Bureau d'assurance du Canada (2019b). Assurances de dommages au Canada 2019, 74 p. Consulté en juin 2020 sur le site <http://assets.ibc.ca/Documents/Facts Book/Facts_Book/2019/IBC-2019-Facts-FR.pdf>
- Bureau du directeur parlementaire du budget (2016). Estimation du coût annuel moyen des Accords d'aide financière en cas de catastrophe causée par un événement météorologique. Ottawa, Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.pbo-dpb.gc.ca/web/default/files/Documents/Reports/2016/DFAA/DFAA_FR.pdf>
- Bush, E. et Lemmen, D.S., (éd.) (2019). Rapport sur le climat changeant du Canada. Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario). 444 p. Consulté en juin 2020 sur le site <https://changingclimate.ca/site/assets/uploads/sites/2/2020/06/RCCC_FULLREPORT-FR-FINAL.pdf>

- Bush, E., Gillett, N., Watson, E., Fyfe, J., Vogel, F. et Swart, N. (2019). « Comprendre les changements climatiques mondiaux observés », chapitre 2 dans *Rapport sur le climat changeant du Canada*, E. Bush et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2019, p. 24–73. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://changingclimate.ca/CCCR2019/fr/chapitre/2-0/>>
- Cameron, E., Mearns, R. et McGrath, J.T. (2015). « Translating Climate Change: Adaptation, Resilience, and Climate Politics in Nunavut, Canada ». *Annals of the Association of American Geographers*, 105(2), 274–283. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/00045608.2014.973006>>
- Campbell, I.D., Durant D.G., Hunter, K.L. et Hyatt, K.D. (2014). « La production alimentaire », chapitre 4 dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*, F.J. Warren et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 99–134. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Full-Report_Eng.pdf>
- Carmichael, W.W. et Boyer, G.L. (2016). « Health impacts from cyanobacteria harmful algae blooms: Implications for the North American Great Lakes ». *Harmful Algae*, 54, 194–212. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.02.002>>
- Carrière, A., Prévost, M., Zamyadi, A., Chevalier, P. et Barbeau, B. (2010). « Vulnerability of Quebec drinking-water treatment plants to cyanotoxins in a climate change context ». *Journal of Water and Health*, 8, 455–465. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.2166/wh.2009.207>>
- Casello, J. et Towns, W. (2017). « Urbain », chapitre 9 dans *Risques climatiques et pratiques en matière d'adaptation pour le secteur canadien des transports 2016*, K. Palko et D.S. Lemmen (éd.). Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 289–340. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2016/Chapter-9f.pdf>>
- Castleden, H. et Skinner, E. (2014). « Whitewashing Indigenous water rights in Canada: How can we Indigenize climate change adaptation if we ignore the fundamentals? », chapitre 11 dans *Adaptation to Climate Change Through Water Resources Management: Capacity, Equity and Sustainability*. D. Stucker et E. López-Gunn (éd.). Routledge, 223–242.
- Chu, C. (2015). « Climate Change Vulnerability Assessment for Inland Aquatic Ecosystems in the Great Lakes Basin, Ontario ». Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario. Consulté en juin 2020 sur le site <http://www.climateontario.ca/MNR_Publications/CCRR-43.pdf>
- Clamen, M. et Macfarlane, D. (2018). « Plan 2014: The historical evolution of Lake Ontario–St. Lawrence River regulation ». *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, 43, 416–431. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/07011784.2018.1475263>>
- Clancy, P. (2014). « Freshwater Politics in Canada ». University of Toronto Press.
- Clark, M.P., Wilby, R.L., Gutmann, E.D., Vano, J.A., Gangopadhyay, S., Wood, A.W. et Brekke, L.D. (2016). « Characterizing uncertainty of the hydrologic impacts of climate change ». *Current Climate Change Reports*, 2(2), 55–64. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s40641-016-0034-x>>
- Clark, R., Andreichuk, I., Sauchyn, D. et McMartin, D.W. (2017). « Incorporating climate change scenarios and water-balance approach to cumulative assessment models of solution potash mining in the Canadian Prairies ». *Climatic Change*, 145, 321–334. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10584-017-2099-5>>
- Cochran, M., Manuel, P. et Rapaport, E. (2012). « Section 5: Social Vulnerability to Climate Change in the Municipality of the District of Lunenburg, Nova Scotia » dans *Municipality of the District of Lunenburg: A Case Study in Climate Change Adaptation-Part 2*. Atlantic Climate Adaptation Solutions Association (ACASA). Consulté en juin 2020 sur le site <<https://atlanticadaptation.ca/en/islandora/object/acasa%3A548>>
- Cohen, S., Koshida, G. et Mortsch, L. (2015). « Climate and water availability indicators in Canada: Challenges and a way forward. Part III – Future scenarios ». *Canadian Water Resources Journal*, 40, 160–172. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/07011784.2015.1006021>>
- Cohen, S., Neilsen, D., Smith, S., Neale, T., Taylor, B., Barton, M. et Tansey, J. (2006). « Learning with local help: Expanding the dialogue on climate change and water management in the Okanagan Region, British Columbia, Canada ». *Climatic Change*, 75(3), 331–358. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10584-006-6336-6>>
- Comeau, L. (2017). « Healthy Water, Healthy People: New Brunswickers' concerns and attitudes about fresh water and preparedness for extreme weather events ». Rapport préparé pour le Conseil de conservation du Nouveau-Brunswick. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://www.conservationcouncil.ca/wp-content/uploads/2013/02/WaterSummaryReportFeb2017.pdf>>
- Commission de planification de la régularisation de la rivière des Outaouais (2019). Gestion intégrée des réservoirs dans le bassin versant de la rivière des Outaouais. Consulté en juin 2020 sur le site <http://ottawariver.ca/wp-content/uploads/2019/02/2018_ORRPB_CPRRO_Reservoir.pdf>
- Commission mixte internationale (2015). Un système en temps réel de prévision des crues et de cartographie des inondations pour le lac Champlain et la rivière Richelieu. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.ijc.org/sites/default/files/Lac-Champlain-Rapport-de-la-CMI-aux-gvts-dec-2015-NEW.pdf>>

- Commission mixte internationale (2017). Première évaluation triennale des progrès réalisés pour améliorer la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Rédigé par la Commission mixte internationale conformément à l'article 7 1) k) de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (2012) le 28 novembre 2017. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.ijc.org/sites/default/files/2020-06/Rpt_-_First_Triennial_Assessment_of_Progress_-_GLWQA_-_Final_Report_French_-_2017-11-28.pdf>
- Commission mixte internationale (2018). Un cadre d'orientation sur les changements climatiques à l'intention des Conseils de la CMI. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://ijc.org/fr/quoi/climat/cadre>>
- Comité de gestion adaptative des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (2018). Résumé des répercussions du niveau d'eau et des conditions observées dans le bassin des Grands Lacs en 2017 à l'appui de l'évaluation continue du plan de régularisation. Préparé pour la Commissions mixte internationale. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://ijc.org/fr/une-etude-sur-la-gestion-adaptative-appuie-les-plans-de-regularisation-du-debit-des-grands-lacs-et>>
- Conseil canadien des ministres de l'environnement (2011). Sélection d'outils pour l'évaluation des réseaux de surveillance de l'eau aux fins de l'adaptation aux changements climatiques. 177 p. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.ccme.ca/files/Resources/fr_water/fr_climate-change/pn_1465_wmcc_tools_fr.pdf>
- Conseil canadien des ministres de l'environnement (2016). Synthèse des approches de gestion intégrée par bassin versant au Canada. 31 p. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.ccme.ca/files/Resources/fr_water/fr_water_conservation/Synth%3a8se%20des%20approches%20de%20gestion%20int%3a9gr%3a9e%20par%20bassin%20versant%20au%20Canada%20PN%201560.pdf>
- Conseil canadien des ingénieurs (2008). Adaptation au changement climatique Première évaluation nationale de la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques au Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <https://pievc.ca/sites/default/files/adapting_to_climate_change_report_final_fr.pdf>
- Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent (2018). Conditions observées et régularisation du débit en 2017. Rapport présenté à la Commission mixte internationale, 25 mai, 2018. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://ijc.org/fr/clofsl/conditions-observees-et-regularisation-du-debit-en-2017-0>>
- Conservation Ontario (2020). « About Conservation Authorities ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://conservationontario.ca/conservation-authorities/about-conservation-authorities/>>
- Cook, B.R., Atkinson, M., Chalmers, H., Comins, L., Cooksley, S., Deans, N., Fazey, I., Fenemor, A., Kesby, M., Litke, S., Marshall, D. et Spray, C. (2013). « Interrogating participatory catchment organisations: cases from Canada, New Zealand, Scotland and the Scottish-English Borderlands ». *The Geographical Journal*, 179(3), 234-247. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2012.00492.x>>
- Corkal, D.R., Diaz, H. et Sauchyn, D. (2011). « Changing Roles in Canadian Water Management: A Case Study of Agriculture and Water in Canada's South Saskatchewan River Basin ». *International Journal of Water Resources Development*, 27, 647-664. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.parc.ca/wp-content/uploads/2019/05/Corkal_Diaz_Sauchyn-2011-Changing_roles_in_Canadian_water_management_a_case_study_of_agriculture_and_water_in_Canadas_South_Saskatchewan_River_Basin.pdf>
- Cosens, B.A., Craig, R.K., Hirsch, S., Arnold, C.A.(T.), Benson, M.H., DeCaro, D.A., Garmestani, A.S., Gosnell, H., Ruhl, J. et Schlager, E. (2017). « The role of law in adaptive governance ». *Ecology and Society*, 22, 30. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.5751/ES-08731-220130>>
- Crona, B.I. et Parker, J.N. (2011). « Network determinants of knowledge utilization: Preliminary lessons from a boundary organization » *Science Communication*, 33, 448-471. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1177/1075547011408116>>
- Crossman, J., Futter, M.N., Oni, S.K., Whitehead, P.G., Jin, L., Butterfield, D., Baulch, H.M. et Dillon, P.J. (2013). « Impacts of climate change on hydrology and water quality: Future proofing management strategies in the Lake Simcoe watershed, Canada ». *Journal of Great Lakes Research*, 39, 19-32. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.jglr.2012.11.003>>
- Dale, A., Robinson, J., King, L., Burch, S., Newell, R., Shaw, A. et Jost, F. (2019). « Meeting the climate change challenge: local government climate action in British Columbia, Canada ». *Climate Policy*, 1-15. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1651244>>
- Daniell, K.A., Coombes, P.J. et White, I. (2014). « Politics of innovation in multi-level water governance systems ». *Journal of Hydrology*, 519, 2415-2435. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.08.058>>
- de Loë, R. (2009). « Sharing the Waters of the Red River Basin: A Review of Options for Transboundary Water Governance ». Préparé pour le Conseil international de la rivière Rouge, Commission mixte internationale. Rob de Loë Consulting Services, Guelph, Ontario. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://legacyfiles.ijc.org/publications/Sharing%20the%20Waters%20of%20the%20Red%20River%20Basin.pdf>>
- de Loë, R. (2017). « Coordinating water policies: necessary, but not sufficient » dans *Water Policy and Governance in Canada*, S. Renzetti, D. Dupont (éd.). Global Issues in Water Policy Series, 17, 231-248. Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
- de Loë, R. et Plummer, R. (2010). « Climate change, adaptive capacity, and governance for drinking water in Canada » dans *Adaptive Capacity and Environmental Governance*, D. Armitage et R. Plummer (éd.). Springer Series on Environmental Management, Springer, Berlin, Heidelberg.

- de Loë, R., Kreutzwisera, R. et Morarub, L. (2001). « Adaptation options for the near term: climate change and the Canadian water sector ». *Global Environmental Change*, 11, 231–245. Consulté en juin 2020 sur le site <[https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(00\)00053-4](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(00)00053-4)>
- De Stefano, L., Duncan, J., Dinar, S., Stahl, K., Strzepek, K.M. et Wolf, A.T. (2012). « Climate change and the institutional resilience of international river basins ». *Journal of Peace Research*, 49(1), 193–209. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1177/0022343311427416>>
- Derksen, C., Burgess, D., Duguay, C., Howell, S., Mudryk, L., Smith, S., Thackeray, C. et Kirchmeier-Young, M. (2019). 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, 195–261. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://changingclimate.ca/CCCR2019/fr/chapitre/5-0/>>
- Di Baldassarre, G., Viglione, A., Carr, G., Kuil, L., Yan, K., Brandimarte, L. et Blöschl, G. (2015). « Debates—Perspectives on socio-hydrology: Capturing feedbacks between physical and social processes ». *Water Resources Research*, 51, 4770–4781. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1002/2014WR016416>>
- Diaz, H., Hurlbert, M., Warren, J. et Corkal, D.R. (2009). « Unit 1E Institutional Adaptation to Climate Change Project » dans *Saskatchewan Water Governance Assessment Final Report*. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://www.parc.ca/mcri/pdfs/papers/gov01.pdf>>
- Döll, P., Jiménez-Cisneros, B., Oki, T., Arnell, N.W., Benito, G., Cogley, J.G., Jiang, T., Kundzewicz, Z.W., Mwakilila, S. et Nishijima, A. (2015). « Integrating risks of climate change into water management ». *Hydrological Sciences Journal*, 60, 4–13. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/02626667.2014.967250>>
- Dunn, G. et Bakker, K. (2011). « Fresh water-related indicators in Canada: an inventory and analysis ». *Canadian Water Resources Journal*, 36(2), 135–148. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.4296/cwrj3602815>>
- Ecology North (2017). « Northwest Territories Climate Change Adaptation Needs Assessments ».
- El-Khoury, A., Seidou, O., Lapen, D.R., Que, Z., Mohammadian, M., Sunohara, M. et Bahram, D. (2015). « Combined impacts of future climate and land use changes on discharge, nitrogen and phosphorus loads for a Canadian river basin ». *Journal of Environmental Management*, 151, 76–86. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.12.012>>
- Environnement et Changement climatique Canada (2018). L'Initiative du Bassin du Lac Winnipeg rapport final phase II : résumé. Consulté en février 2021 sur le site <http://publications.gc.ca/collections/collection_2019/eccc/En4-137-3-2019-fra.pdf>
- EPCOR (2019). « FAQs ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.epcor.com/products-services/drainage/rates-terms-and-conditions/Pages/faqs.aspx>>
- Équipe de travail internationale sur la gestion adaptative des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (2013). « Building Collaboration Across the Great Lakes – St. Lawrence River System: An Adaptive Management Plan for Addressing Extreme Water Levels ». Rapport présenté à la Commission mixte internationale le 30 mai 2013. Consulté en juin 2020 sur le site <https://legacyfiles.ijc.org/publications/FinalReport_AdaptiveManagementPlan_20130530.pdf>
- Eyzaguirre, J. (2015). Incidence du programme canadien d'Initiatives de collaboration pour l'adaptation régionale à l'égard des changements climatiques. Préparé par ESSA Technologies Ltd. pour Ressources naturelles Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/environment/pdf/RAC_Project_Impact_Report-fra.pdf>
- Failing, L., Gregory, R. et Higgins, P. (2013). « Science, Uncertainty, and Values in Ecological Restoration: A Case Study in Structured Decision-Making and Adaptive Management ». *Restoration Ecology*, 21, 422–430. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2012.00919.x>>
- Félio, G. (2015). « Tools to evaluate the vulnerability and adaptation of infrastructure to climate change ». Compte rendu de la conférence annuelle de la Société canadienne de génie civil, 2, 742–751. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84977083808&partnerID=40&md5=87be43609bbdb474d764b0e528e4248d>>
- Félio, G. (2017). « Climate Change Impacts on Water and Wastewater Infrastructure at Akwesasne ». Préparé pour l'Ontario First Nations Technical Services Corporation (OFNTSC). Consulté en juin 2020 sur le site <<https://pievc.ca/sites/default/files/climate-change-impacts-water-wastewater-akwesasne-05-18-e.pdf>>
- Feltmate, B. et Moudrak, M. (2015). État de préparation de 15 villes canadiennes à limiter les dommages dus aux inondations. Rapport préparé pour Co-operators. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.cooperatorsgroupinsurance.ca/fr-CA/~/_/media/Cooperators%20Media/Section%20Media/AboutUs/Sustainability/FrenchPDF/Flood%20Paper_Preparedness%20of%20Cities_FINAL_FR_21May2015.pdf>
- Ferguson, G. et Beebe, C. (2012). « Vulnerability of Nova Scotia's Coastal Groundwater Supplies to Climate Change ». Atlantic Climate Adaptation Solutions Association (ACASA). Consulté en juin 2020 sur le site <<https://atlanticadaptation.ca/en/islandora/object/acasa%3A572>>
- Fletcher, A.J. et Knuttila, E. (2018). « Gendering change » dans *Vulnerability and Adaptation to Drought: The Canadian Prairies and South America*, H. Diaz, M. Hurlbert et J. Warren (éd.). University of Calgary Press, 159–178.

- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P. et Norberg, J. (2005). « Adaptive governance of social-ecological systems ». *Annual Review of Environment and Resources*, 15, 441–473. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144511>>
- Ford, J.D. et King, D. (2015). « A framework for examining adaptation readiness ». *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20, 505–526. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s11027-013-9505-8>>
- 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. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/1/014008>>
- Ford, J.D., McDowell, G. et Pearce, T. (2015). « The adaptation challenge in the Arctic ». *Nature Climate Change*, 5(12), 1046–1053. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1038/nclimate2723>>
- Ford, J.D., Couture, N., Bell, T. et Clark, D.G. (2017). « Climate change and Canada's north coast: research trends, progress, and future directions ». *Environmental Reviews*, 26(1), 82–92. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1139/er-2017-0027>>
- Garrick, D.E. (2017). « Water Security and Adaptation to Climate Extremes in Transboundary Rivers of North America » dans *Water Policy and Governance in Canada*, S. Renzetti, D. Dupont (éd.). Global Issues in Water Policy Series, 17, 231–248. Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
- GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2014). Changements climatiques 2014: Incidences, adaptation et vulnérabilité. Partie A: Aspects mondiaux et sectoriels, Contribution du Groupe de travail II au Cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, 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, É.-U., 1132 p. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf>
- Global Water Futures (2020). Entrevues avec des spécialistes canadiens de l'eau. Préparé par le Global Institute of Water Security. University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
- Gober, P. (2013). « Getting Outside the Water Box: The Need for New Approaches to Water Planning and Policy ». *Water Resources Management*, 27, 955–957. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s11269-012-0222-y>>
- Gober, P. (2018). « Building resilience for uncertain water futures ». Palgrave Macmillan, Springer Nature, 213 p.
- Goldstein, A., Turner, W.R., Gladstone, J. et Hole, D.G. (2019). « The private sector's climate change risk and adaptation blind spots ». *Nature Climate Change*, 9, 18–25. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1038/s41558-018-0340-5>>
- Gooré Bi, E., Monette, F., Gachon, P., Gaspéri, J. et Perrodin, Y. (2015). « Quantitative and qualitative assessment of the impact of climate change on a combined sewer overflow and its receiving water body ». *Environmental Science and Pollution Research*, 22(15), 11905–11921. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s11356-015-4411-0>>
- Goulding, H. (2011). « Yukon Water: An Assessment of Climate Change Vulnerabilities ». Préparé par le gouvernement du Yukon, 98 p. Consulté en juin 2020 sur le site <https://open.yukon.ca/data/sites/default/files/yukonwater_climatechange_report_0.pdf>
- Gouvernement de l'Alberta (2018). « Bow River TransAlta Agreement ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://open.alberta.ca/dataset/d0ee8794-b79b-4bd6-b50a-210c9af60104/resource/fa28185b-1ca8-4fa5-9ada-371de208f582/download/aep-flood-mitigation-bow-river-transalta-fact-sheet.pdf>>
- Gouvernement du Canada (2013). Programme de réduction des dommages causés par les inondations. Environnement et Changement climatique Canada.
- Gouvernement du Canada (2020a). Lever les avis concernant la qualité de l'eau potable à long terme. Services aux Autochtones Canada. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www.sac-isc.gc.ca/eng/1516134315897/1533663683531>>
- Gouvernement du Canada (2020b). Avis à long terme pour des systèmes d'eau situés au sud du 60e et qui ne reçoivent pas de soutien financier du gouvernement du Canada. Services aux Autochtones Canada. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www.sac-isc.gc.ca/eng/1516134315897/1533663683531>>
- Gouvernement du Canada et gouvernement des États-Unis d'Amérique (2012). Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs : Protocole amendant l'Accord de 1978 entre le Canada et les États-Unis d'Amérique relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, tel qu'il a été modifié le 16 octobre 1983 et le 18 novembre 1987, signé le 7 septembre 2012. Consulté en juin 2020 sur le site <https://binational.net/wp-content/uploads/2014/05/1094_Canada-USA-GLWQA_f.pdf>
- Gouvernement du Nouveau-Brunswick (2019). Niveaux d'eau historiques à partir de 2019. Consulté en février 2021 sur le site <https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/pa-ap/River_Watch/pdf/HistoricWaterLevels.pdf>
- Gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador (2012). « Logy Bay - Middle Cove - Outer Cove Case Study ». Climate Change Vulnerability Assessment by Policy and Planning Division of Department of Environment and Conservation. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://atlanticadaptation.ca/en/islandora/object/acasa%3A542>>

- Great Lakes Environmental Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration (2019). « Great Lakes Water Levels ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.glerl.noaa.gov/data/wlevels/>>
- Gronewold, A.D., Bruxer, J., Durnford, D., Smith, J.P., Clites, A.H., Seglenieks, F., Qian, S.S., Hunter, T.S. et Fortin, V. (2016). « Hydrological drivers of record-setting water level rise on Earth's largest lake system ». *Water Resources Research*, 52, 4026–4042. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1002/2015WR018209>>
- Gronewold, A.D. et Rood, R.B. (2019). « Climate Change Sends Great Lakes Water Levels Seesawing ». The Conversation US, June 8, 2019. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.scientificamerican.com/article/climate-change-sends-great-lakes-water-levels-seesawing/>>
- Groulx, M., Lewis, J., Lemieux, C. et Dawson, J. (2014). « Place-based climate change adaptation: A critical case study of climate change messaging and collective action in Churchill, Manitoba ». *Landscape and Urban Planning*, 132, 136–147. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.09.002>>
- Groupe d'étude international sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent (2006). Options en matière de gestion des niveaux et des débits du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent. Rapport du Groupe d'étude international sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent présenté à la Commission mixte internationale. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://www.losl.org/PDF/report-main-f.pdf>>
- Groupe d'étude international des Grands Lacs d'amont (2009). Impacts sur les niveaux d'eau des Grands Lacs d'amont - la rivière Sainte-Claire. Préparé pour la Commission mixte internationale, 28 p. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.ijc.org/sites/default/files/Sommaire%20rapport%20St%20Claire.pdf>>
- Groupe d'étude international des Grands Lacs d'amont (2012). « Lake Superior Regulation: Addressing Uncertainty in Upper Great Lakes Water Levels ». Préparé pour la Commission mixte internationale, 176 p. Consulté en juin 2020 sur le site <http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/ijc/E95-2-15-2012-eng.pdf>
- Groupe MMM (2014). « National Floodplain Mapping Assessment - Final Report ». Consulté en octobre 2020 sur le site <<https://www.slideshare.net/glennmccgillivray/national-floodplain-mapping-assessment>>
- Groves, D.G. et Lempert, R.J. (2007). « A new analytic method for finding policy-relevant scenarios ». *Global Environmental Change*, 17, 73–85. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.11.006>>
- Gupta, J., Termeer, C.J.A.M., Klostermann, J., Meijerink, S., van den Brink, M., Jong, P., Nooteboom, S. et Bergsma, E., (2010). « The adaptive capacity wheel: A method to assess the inherent characteristics of institutions to enable the adaptive capacity of society ». *Environmental Science & Policy*, 12(6). Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.05.006>>
- Guyadeen, D., Thistlethwaite, J. et Henstra, D. (2018). « Evaluating the quality of municipal climate change plans in Canada ». *Climatic Change*, 152, 121–143. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10584-018-2312-1>>
- Hall, J.W., Grey, D., Garrick, D., Fung, F., Brown, C., Dadson, S.J. et Sadoff, C.W. (2014). « Coping with the curse of variability: Adaptation pathways to water security ». *Science*, 346(6208), 429–430. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/201410_Hall_Freshwater.pdf>
- Hamlet, A.F. (2011). « Assessing water resources adaptive capacity to climate change impacts in the Pacific Northwest Region of North America ». *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 1427–1443. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.5194/hess-15-1427-2011>>
- Heinmiller, B.T. (2017). « The Politics of Water Policy Development in Canada » dans *Water Policy and Governance in Canada*, S. Renzetti, D. Dupont (éd.). Global Issues in Water Policy Series, 17, 215–229. Springer International Publishing, Cham, Switzerland. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/978-3-319-42806-2>>
- Henrich, N., Holmes, B. et Prystajacky, N. (2015). « Looking upstream: Findings from focus groups on public perceptions of source water quality in British Columbia, Canada ». *PLoS ONE*, 10, 1–16. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141533>>
- Henstra, D., Minano, A. et Thistlethwaite, J. (2019a). « Communicating disaster risk? An evaluation of the availability and quality of flood maps ». *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19, 313–323. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.5194/nhess-19-313-2019>>
- Henstra, D., Thistlethwaite, J., Brown, C. et Scott, D. (2019b). « Flood risk management and shared responsibility: Exploring Canadian public attitudes and expectations ». *Journal of Flood Risk Management*, 12, 1–10. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1111/jfr3.12346>>
- Hill, C., Furlong, K., Bakker, K. et Cohen, A. (2009). « Harmonization Versus Subsidiarity in Water Governance: A Review of Water Governance and Legislation in the Canadian Provinces and Territories ». *Canadian Water Resources Journal*, 33(4), 315–332. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.4296/cwrj3304315>>

- Hurlbert, M.A. (2018). « Adaptive Governance (Management, Co-management and Anticipatory) » dans *Adaptive Governance of Disaster: Drought and Flood in Rural Areas*, dans *Water Governance - Concepts, Methods, and Practice book series (WGCMP)*, 21–48. Springer, Cham, Consulté en juin 2020 sur le site <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57801-9_2>
- Hurlbert, M.A. et Diaz, H. (2013). « Water Governance in Chile and Canada ». *Ecology and Society*, 18. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.5751/ES-06148-180461>>
- Hurlbert, M., Andrews, E., Tesfamariam, Y. et Warren, J. (2015). « Governing Water, Deliberative Institutions and Adaptation. Report for Water Governance and Climate Change: the engagement of civil society project ». Consulté en juin 2020 sur le site <<http://www.parc.ca/vacea/assets/PDF/reports/local%20water%20governance%20final%20report.pdf>>
- Hurlbert, M., Corkal, D. et Diaz, H. (2010). « Government Institutions and Water Policy » dans *The New Normal: The Canadian Prairies in a Changing Climate*, D. Sauchyn, H. Diaz et S. Kulshreshtha (éd.). Prairie Adaptation Research Collaborative, Regina, Saskatoon, 239–245.
- ICF (2018). Pratiques exemplaires et ressources relatives à l'infrastructure naturelle résistante aux changements climatiques. Préparé pour le Conseil canadien des ministres de l'environnement, 69 p. Consulté en juin 2020 sur le site <https://ccme.ca/fr/res/natural_infrastructure_report_fr.pdf>
- Infrastructure Canada (2018). Fonds d'atténuation et d'adaptation en matière de catastrophes - Foire aux questions. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.infrastructure.gc.ca/dmaf-faac/faq-fra.html>>
- Ingénieurs Canada (s.d.). À propos | Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques (CVIIP). Consulté en MOIS 2020 sur le site <<https://pievc.ca/>>
- Ingénieurs Canada (2018). Combiner le savoir traditionnel et le cadre du CVIIP pour renforcer la résilience climatique des infrastructures dans les communautés autochtones. <<https://engineerscanada.ca/fr/nouvelles-et-evenements/nouvelles/combiner-le-savoir-traditionnel-et-le-cadre-du-cviip>>
- Institut international du développement durable (2016). « Large Area Planning in the Nelson-Churchill River Basin (NCRB): Laying a foundation in northern Manitoba ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/large-area-planning-nelson-churchill-river-basin-full-report.pdf>>
- Inuit Tapiriit Kanatami (2019). « National Inuit Climate Change Strategy ». Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.itk.ca/wp-content/uploads/2019/06/ITK_Climate-Change-Strategy_English_lowres.pdf>
- Islam, S. ul, Déry, S.J. et Werner, A.T. (2017). « Future climate change impacts on snow and water resources of the Fraser River Basin, British Columbia ». *Journal of Hydrometeorology*, 18, 473–496. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1175/jhm-d-16-0012.1>>
- Ivey, J., Smithers, L.J., de Loë, R. et Kreuzwiser, R.D. (2004). « Community capacity for adaptation to climate-induced water shortages: Linking institutional complexity and local actors ». *Environmental Management*, 33, 36–47. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s00267-003-0014-5>>
- Jalliffier-Verne, I., Leconte, R., Huaranga-Alvarez, U., Madoux-Humery, A.-S., Galarneau, M., Servais, P. et Dorner, S. (2015). « Impacts of global change on the concentrations and dilution of combined sewer overflows in a drinking water source ». *The Science of the Total Environment*, 508, 462–476. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.11.059>>
- Jalliffier-Verne, I., Leconte, R., Huaranga, U., Heniche, M., Madoux-Humery, A.-S., Autixier, L., Galarneau, M., Servais, P., Prevost, M. et Dorner, S. (2017). « Modelling the impacts of global change on concentrations of Escherichia coli in an urban river ». *Advances in Water Resources*, 108, 450–460. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2016.10.001>>
- Johns, C.M. (2017). « The Great Lakes, Water Quality and Water Policy in Canada » dans *Water Policy and Governance in Canada*, S. Renzetti et D. Dupont (éd.). Global Issues in Water Policy Series, 17, 13–28. Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
- Jones-Bitton, A., Gustafson, D.L., Butt, K. et Majowicz, S.E. (2016). « Does the public receive and adhere to boil water advisory recommendations? A cross-sectional study in Newfoundland and Labrador, Canada ». *BMC Public Health*, 16(14). Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1186/s12889-015-2688-z>>
- Jost, G. et Weber, F. (2013). « Potential Impacts of Climate Change on BC Hydro-Managed Water Resources ». Préparé par BC Hydro, 1–28. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.bchydro.com/content/dam/BCHydro/customer-portal/documents/corporate/environment-sustainability/environmental-reports/potential-impacts-climate-change-on-bchydro-managed-water-resources.pdf>>
- Kirchmeier-Young, M.C. et Zhang, X. (2020). « Human influence has intensified extreme precipitation in North America ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 117(24), 13308–13313. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1073/pnas.1921628117>>
- KGS Group (2016). « Assiniboine River and Lake Manitoba Basins Flood Mitigation Study ». Rapport préparé pour Manitoba Infrastructure. Gouvernement du Manitoba. Consulté en août 2018 sur le site <<https://www.gov.mb.ca/mit/wms/wm/study.html>>

- Koshida, G., Cohen, S. et Mortsch, L. (2015). « Climate and water availability indicators in Canada: Challenges and a way forward. Part I – Indicators ». *Canadian Water Resources Journal*, 40, 133–145. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://dx.doi.org/10.1080/07011784.2015.1006023>>
- Kovacs, P. et Thistlethwaite, J. (2014). « Industrie », chapitre 5 dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*, F.J. Warren et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 135–158. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf>
- Kulshreshtha, S., Wheaton, E. et Wittrock, V. (2016). « The Impacts of the 2001-2 Drought in Rural Alberta and Saskatchewan, and Canada » chapitre 4 dans *Vulnerability and Adaptation to Drought: The Canadian Prairies and South America*, H. Diaz, M. Hurlbert et J. Warren (éd.). University of Calgary Press, Calgary, 79–107. Consulté en juin 2020 sur le site <https://prism.ucalgary.ca/bitstream/handle/1880/51490/Vulnerability_and_adaptation_to_drought_2016_part%203.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Kwakkel, J.H., Walker, W.E. et Haasnoot, M. (2016). « Coping with the wickedness of public policy problems: Approaches for decision making under deep uncertainty ». *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(3). Consulté en juin 2020 sur le site <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000626](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000626)>
- Lachapelle, E., Borick, C.P. et Rabe, B.G. (2014). « Public Opinion on Climate Change and Support for Various Policy Instruments in Canada and the US: Findings from a Comparative 2013 Poll ». *Issues in Energy and Environmental Policy*, 11. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://ssrn.com/abstract=2652429>>
- Lake Simcoe Region Conservation Authority (2013). « A Local Perspective on Climate Change ». *Lake Simcoe Science Newsletter*, 5. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.lsrca.on.ca/Shared%20Documents/newsletter/science-newsletter-vol5.pdf>>
- Lake Simcoe Region Conservation Authority (2016). « “Our Watershed” | Lake Simcoe Watershed ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.lsrca.on.ca/our-watershed>>
- Lake Simcoe Region Conservation Authority (2017). « Lake Simcoe Phosphorus Load: Update 2012/13–2014/15 ». Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.lsrca.on.ca/Shared%20Documents/reports/Phosphorus_Load_Report.pdf>
- Lake Simcoe Region Conservation Authority (2019). « Phosphorus offsetting policy ». Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.lsrca.on.ca/Shared%20Documents/Phosphorus_Offsetting_Policy.pdf>
- Latta, A. (2018). « Indigenous Rights and Multilevel Governance: Learning From the Northwest Territories Water Stewardship Strategy ». *International Indigenous Policy Journal*, 9. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.18584/iipj.2018.9.2.4>>
- Land Trust Alliance (2019). « Conservation in a Changing Climate – Adaptive Management ». <<https://climatechange.lta.org/get-started/adapt/adaptive-management/>>
- Langsdale, S., Cohen, S., Welbourn, R. et Tansey, J. (2004). « Dialogue on Adaptation to Climate Change in the Okanagan Basin, British Columbia, Canada ». *Critical Transitions in Water and Environmental Resource Management*, 1–9. Consulté en juin 2020 sur le site <[https://doi.org/10.1061/40737\(2004\)154](https://doi.org/10.1061/40737(2004)154)>
- Lee, K. (1999). « Appraising Adaptive Management- Ecology and Society ». *Ecology and Society*, 3, 1–16. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.5751/ES-00131-030203>>
- Lemieux, C.J., Gray, P.A., Douglas, A.G., Nielsen, G. et Pearson, D. (2014). « From science to policy: The making of a watershed-scale climate change adaptation strategy ». *Environmental Science & Policy*, 42, 123–137. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.06.004>>
- Lemmen, D.S., Johnston, M., Ste-Marie, C. et Pearce, T. (2014). « Ressources naturelles », chapitre 3 dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*, F.J. Warren et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 65–98. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf>
- Lempert, R.J. et Collins, M.T. (2007). « Managing the risk of uncertain threshold responses: comparison of robust, optimum, and precautionary approaches ». *Risk Analysis: an Official Publication of the Society for Risk Analysis*, 27, 1009–1026. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2007.00940.x>>
- Lempert, R.J. et Groves, D.G. (2010). « Identifying and evaluating robust adaptive policy responses to climate change for water management agencies in the American west ». *Technological Forecasting and Social Change*, 7(6), 960–974. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.04.007>>
- Lempert, R., Popper, S.W. et Bankes, S. (2003). « Shaping the Next One Hundred Years: New Methods for Quantitative, Long-Term Policy Analysis ». RAND, Santa Monica, Californie, 187 p. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/2007/MR1626.pdf>
- Lesnikowski, A., Ford, J., Biesbroek, R., Berrang-Ford, L., Maillet, M., Araos, M. et Austin, S.E. (2017). « What does the Paris Agreement mean for adaptation? ». *Climate Policy*, 17, 825–831. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1248889>>
- Lieske, D.J., Wade, T. et Roness, L.A. (2014). « Climate change awareness and strategies for communicating the risk of coastal flooding: A Canadian Maritime case example ». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 140, 83–94. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.04.017>>

- Lindsay, B. (2018). « The future looks grim after 2 years of devastating B.C. wildfires ». CBC News. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/the-future-looks-grim-after-2-years-of-devastating-b-c-wildfires-1.4801181>>
- Liu, J., Baulch, H.M., Macrae, M.L., Wilson, H.F., Elliott, J.A., Bergström, L. et Vadas, P.A. (2019). « Agricultural Water Quality in Cold Climates: Processes, Drivers, Management Options, and Research Needs ». *Journal of Environmental Quality*, 48, 792–802. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.2134/jeq2019.05.0220>>
- Lo, A.Y. (2013). « The role of social norms in climate adaptation: Mediating risk perception and flood insurance purchase ». *Global Environmental Change*, 23, 1249–1257. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.07.019>>
- MacLean, C. (2017). « 5-year fight removes less than 1% of phosphorus from Lake Winnipeg Basin ». CBC News. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www.cbc.ca/news/canada/manitoba/lake-winnipeg-phosphorus-algae-blooms-1.4293366>>
- Magzul, L. et Rojas, A. (2006). « Report on the Blood Tribe (Kainai Nation): community vulnerabilities. Institutional Adaptation to Climate Change (IACC) Project report ». IACC, La Sarena, Chili. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://www.parc.ca/mcri/pdfs/papers/iacc051.pdf>>
- Maier, H. R., Guillaume, J.H.A., van Delden, H., Riddell, G.A., Haasnoot, M. et Kwakkel, J.H. (2016). « An uncertain future, deep uncertainty, scenarios, robustness and adaptation: How do they fit together? » *Environmental Modelling & Software*, 81, 154–164. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.03.014>>
- Mailhot, E., Music, B., Nadeau, D.F., Frigon, A. et Turcotte, R. (2019). « Assessment of the Laurentian Great Lakes' hydrological conditions in a changing climate ». *Climatic Change*, 157, 243–259. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10584-019-02530-6>>
- Manitoba Hydropower (s.d.). « The Manitoba Hydro system watershed ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.manitobahydropower.com/who-we-are/>>
- Mantyka-Pringle, C.S., Jardine, T.D., Bradford, L., Bharadwaj, L., Kythreotis, A.P., Fresque-Baxter, J. et Lindenschmidt, K.-E. (2017). « Bridging science and traditional knowledge to assess cumulative impacts of stressors on ecosystem health ». *Environment International*, 102, 125–137. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.008>>
- McCullough, G.K., Page, S.J., Hesslein, R.H., Stainton, M.P., Kling, H.J., Salki, A.G. et Barber, D.G. (2012). « Hydrological forcing of a recent trophic surge in Lake Winnipeg ». *Journal of Great Lakes Research*, 38, 95–105. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.jglr.2011.12.012>>
- McKay, J. (2019). « City of Iqaluit declares 2nd water emergency in 2 years ». CBC News. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www.cbc.ca/news/canada/north/lake-geraldine-city-iqaluit-water-emergency-1.5235383>>
- McKenzie-Mohr, D. (2000). « Fostering sustainable behavior through community-based social marketing ». *American Psychologist*, 55(5), 531. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.5.531>>
- McMillan, T., Causley, D., Hanna, K., Lulham, N., Seasons, M. et Boddy, S. (2019). « Local Adaptation in Canada, Survey Report ». Fédération canadienne des municipalités, Université de la Colombie-Britannique et Université de Waterloo. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://ok-cear.sites.olt.ubc.ca/files/2019/06/Local-Adaptation-in-Canada-Full-web-1.pdf>>
- McNeil, D. (2019). « An Independent Review of the 2019 Flood Events in Ontario ». Un rapport pour l'hon. John Yakabuski, le Ministre des Richesses naturelles et des Forêts. Consulté en avril 2021 sur le site <<https://files.ontario.ca/mnrf-english-ontario-special-advisor-on-flooding-report-2019-11-25.pdf>>
- Mguni, V. (2015). « Integrated Risk Management for Municipal Water Systems in Canada through Inter-jurisdictional ecosystem management using conservation authorities as a model ». Livre blanc préparé pour le Réseau canadien de l'eau. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://cvc.ca/wp-content/uploads/2016/09/Appendix-K-Integrated-Risk-Management-for-Municipal-Water-Systems-in-Canada-through-inter-jurisdictional-ecosystem-management.pdf>>
- Mildenberger, M., Howe, P., Lachapelle, E., Stokes, L., Marlon, J. et Gravelle, T. (2016). « The distribution of climate change public opinion in Canada ». *PLoS ONE*, 11, e0159774. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159774>>
- Miller, L. (2015). Mise à jour des infrastructures au Canada : un examen des besoins et des investissements. Rapport du Comité permanent des transports, de l'infrastructure et des collectivités. Consulté en juin 2020 sur le site <http://publications.gc.ca/collections/collection_2015/parl/x27-1/XC27-1-1-412-9-fra.pdf>
- Milly, P.C.D., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R.M., Kundzewicz, Z.W., Lettenmaier, D.P. et Stouffer, R.J. (2008). « Stationarity Is Dead: Whither Water Management? » *Science*, 319, 573–574. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1126/science.1151915>>
- Milner, G., Delaney, F., Baginski, B., Baus, N., Hall, A., Jackson, A. et Witt, J. (2018). « Prioritizing climate science knowledge gaps in the Great Lakes Water Quality Agreement ». Préparé conjointement par l'Ontario Climate Consortium et le Centre for Environment and Sustainability pour fournir des commentaires sur l'annexe 9 sur les répercussions des changements climatiques dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://climateconnections.ca/app/uploads/2019/02/Prioritizing-Climate-Science-Knowledge-Gaps-in-the-Great-Lakes-Basin3.pdf>>

- Minville, M., Krau, S., Brissette, F. et Leconte, R. (2010). « Behaviour and performance of a water resource system in Québec (Canada) under adapted operating policies in a climate change context ». *Water Resources Management*, 24, 1333–1352. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s11269-009-9500-8>>
- Mitchell, B., Priddle, C., Shrubsole, D., Veale, B. et Walters, D. (2014). « Integrated water resource management: lessons from conservation authorities in Ontario, Canada ». *International Journal of Water Resources Development*, 30(3), 460–474. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/07900627.2013.876328>>
- Mitchell, B. (2017). « The Hydrological and Policy Contexts for Water in Canada » dans *Water Policy and Governance in Canada*, S. Renzetti et D. Dupont (éd.). Global Issues in Water Policy Series, 17, 13–28. Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
- Moncrieff-Gould, G., Quigley, K. et Burns, C. (2018). « Strengthening the resilience of the Canadian water sector: Final report ». MacEachen Institute for Public Policy and Governance. Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://rdmug.ca/wp-content/uploads/2018/07/REPORT-Strengthening-the-Resilience-of-the-Canadian-Water-Sector.pdf>>
- Moody, P. et Brown, C. (2012). « Modeling stakeholder-defined climate risk on the Upper Great Lakes ». *Water Resources Research*, 48. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1029/2012WR012497>>
- Moore, M.-L., von der Porten, S., Plummer, R., Brandes, O. et Baird, J. (2014). « Water policy reform and innovation: A systematic review ». *Environmental Science & Policy*, 38, 263–271. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.01.007>>
- Morris, M. et de Loë, R. (2016). « Cooperative and adaptive transboundary water governance in Canada's Mackenzie River Basin: status and prospects ». *Ecology and Society*, 21(1), 26. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://dx.doi.org/10.5751/ES-08301-210126>>
- Morrison, A., Noble, B.F. et Westbrook, C.J. (2018). « Flood risk management in the Canadian Prairie provinces: Defaulting towards flood resistance and recovery versus resilience ». *Canadian Water Resources Journal*, 43(11), 33–46. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/07011784.2018.1428501>>
- Mortsch, L., Cohen, S. et Koshida, G. (2015). « Climate and water availability indicators in Canada: Challenges and a way forward. Part II – Historic trends ». *Canadian Water Resources Journal*, 40, 146–159. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://dx.doi.org/10.1080/07011784.2015.1006024>>
- Mortsch, L., Ingram, I., Hebb, A. et Doka, S. (éd.) (2006). « Great Lakes Coastal Wetland Communities: Vulnerabilities to Climate Change and Response to adaptation strategies ». Rapport final présenté au Programme Programme sur les impacts et l'adaptation liés au changement climatique, Ressources naturelles Canada Canada. Environnement Canada et le ministère des Pêches et des Océans, Toronto, Ontario. Consulté en juin 2020 sur le site <https://glsclcities.org/wp-content/uploads/2015/09/Great_Lakes_Coastal_Wetland_Communities_-_Vulnerabilities_to_Climate_Change_and_Response_to_Adaptation_Strategies_2006_1.pdf>
- Moudrak, N., Feltmate, B., Venema, H. et Osman, H. (2018). « Combating Canada's Rising Flood Costs: Natural infrastructure is an underutilized option ». Préparé pour le Bureau d'assurance du Canada par le Centre Intact d'adaptation aux changements climatiques. Université de Waterloo. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://assets.ibc.ca/Documents/Resources/IBC-Natural-Infrastructure-Report-2018.pdf>>
- Murphy, D.D. et Weiland, P. (2014). « Science and structured decision making: Fulfilling the promise of adaptive management for imperiled species ». *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s13412-014-0165-0>>
- Music, B., Frigon, A., Lofgren, B., Turcotte, R. et Cyr, J.-F. (2015). « Present and future Laurentian Great Lakes hydroclimatic conditions as simulated by regional climate models with an emphasis on Lake Michigan-Huron ». *Climatic Change*, 130, 603–618. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10584-015-1348-8>>
- Nations Unies (2015). « Water and Climate Change Adaptation in Transboundary Basins: Lessons Learned and Good Practices ». Préparé par la Commission économique pour l'Europe (CEE) et le Réseau international d'organisations de bassins (RIOB), 106 p. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/WAT_Good_practices/ece.mp.wat.45.pdf>
- Nesbitt, L. (2010). « Assessment of the Vulnerability of Tsiigehtchic's Water and Wastewater Systems to Climate Change Impacts ». Préparé par Ecology North, 25 p.
- Nodelcorp Consulting (2014). « Review and Analysis of Climate Change Vulnerability Assessments of Canadian Water Management and Drainage Infrastructure ». Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.th.gov.bc.ca/climate_action/documents/hwy_Risk_Assessments_from_Climate_Changes_Review.pdf>
- Northwest Hydraulic Consultants Ltd. (2014). « City of Vancouver Coastal Flood Risk Assessment ». Préparé pour la Ville de Vancouver, 117 p. Consulté en juin 2020 sur le site <http://vancouver.ca/files/cov/CFRA-Phase-1-Final_Report.pdf>
- Notaro, M., Bennington, V. et Lofgren, B. (2015). « Dynamical Downscaling-Based Projections of Great Lakes Water Levels ». *Journal of Climate*, 28, 9721–9745. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00847.1>>

- Office de protection de la nature de Toronto et de la région (2019). Flood Forecasting and Warning Centre. Consulté en juin 2020 sur le site <https://trca.ca/app/uploads/trca_flood/57262.pdf>
- Okanagan River Basin Board (2010). « From Rain to Resource: Managing Stormwater in a Changing Climate ». Un rapport sur l'atelier et le salon professionnel de 28 et 29 octobre 2010. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.obwb.ca/fileadmin/docs/rain_to_resource/Rain_to_Resource_2010_Report.pdf>
- Ontario Centre for Climate Impacts and Adaptation Resources (2011). « Watershed Adaptation in Ontario: Conservation Authority Perspectives Final Report ». Consulté en juin 2020 sur le site <<http://www.climateontario.ca/doc/workshop/2011FebMarch/FinalReport/Watershed%20Adaptation%20in%20Ontario%20-%20Conservation%20Authority%20Perspectives%20-%20Final%20Report.pdf>>
- Ontario Centre for Climate Impacts and Adaptation Resources (2012). « A Climate Adaptation Strategy for the Lake Simcoe Watershed: The planning process ». Consulté en juin 2020 sur le site <<http://www.climateontario.ca/doc/casestudies/LakeSimcoe/ClimateChangeAdaptationStrategy-CaseStudy.pdf>>
- O'Neill, B.H. and Burn, C.R. (2017). « Impacts of variations in snow cover on permafrost stability, including simulated snow management, Dempster Highway, Peel Plateau, Northwest Territories. NRC Research Press ». *Arctic Science*, 3(2), 150–178.
- Orihel, D.M., Baulch, H.M., Casson, N.J., North, R.L., Parsons, C.T., Seckar, D.C.M. et Venkiteswaran, J.J. (2017). « Internal phosphorus loading in Canadian fresh waters: a critical review and data analysis ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 74(12), 2005–2029. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1139/cjfas-2016-0500>>
- Ormiston, S. et Shelton, M. (2019). « How climate change is thawing the 'glue that holds the northern landscape together ». CBC News. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www.cbc.ca/news/canada/north/the-national-permafrost-thaw-inuvik-tuktoyaktuk-1.5179842>>
- Oulahen, G., Klein, Y., Mortsch, L., O'Connell, E. et Harford, D. (2018). « Barriers and Drivers of Planning for Climate Change Adaptation across Three Levels of Government in Canada ». *Planning Theory & Practice*, 19(3), 405–421. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/14649357.2018.1481993>>
- Pahl-Wostl, C. (2008). « Requirements for Adaptive Water Management » dans *Adaptive and Integrated Water Management*, C. Pahl-Wostl, P. Kabat et J. Moltgen (éd.). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Panel on Adaptive Management for Resource Stewardship (2004). « Adaptive Management for Water Resource Project planning ». National Research Council. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.17226/10972>>
- Paré, E. (2014). « City of Nelson Stormwater Infrastructure Assessment ». Préparé par Focus Corporation pour la Ville de Nelson, 44 p.
- Paterson, A.M., Rühland, K.M., Anstey, C.V. et Smol, J.P. (2017). « Climate as a driver of increasing algal production in Lake of the Woods, Ontario, Canada ». *Lake and Reservoir Management*, 33(4), 403–414. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/10402381.2017.1379574>>
- Patino, L. (2010). Étude de l'adaptation et de la capacité d'adaptation aux changements climatiques : Rapport de synthèse. Projet du PRP, Développement durable. Ressources naturelles Canada, gouvernement du Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <http://publications.gc.ca/collections/collection_2010/policyresearch/PH4-68-2010-fra.pdf>
- Perdeaux, S., Nunn, J.A. et Delaney, F. (2018). « Approaches for Conducting Vulnerability Assessments in the Great Lakes Basin: A Review of the Literature ». Rapport présenté pour fournir des commentaires sur l'annexe 9 sur les répercussions des changements climatiques dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://binational.net/wp-content/uploads/2018/11/VARReport-Final.pdf>>
- Phillips, D. (2017). Les dix événements météorologiques les plus marquants au Canada en 2013. Environnement et Changement climatique Canada. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=5BA5EAFc-1&offset=2&toc=hide>>
- Pidgeon, N. (2012). « Public understanding of, and attitudes to, climate change: UK and international perspectives and policy ». *Climate Policy*, 12, S85–S106. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/14693062.2012.702982>>
- Plummer, R., de Loë, R. et Armitage, D. (2012). « A systematic review of water vulnerability assessment tools ». *Water Resources Management*, 26(15), 4327–4346. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s11269-012-0147-5>>
- Poitras, J. (2019). « Is climate change causing the recent floods along the St. John River? ». CBC News. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www.cbc.ca/news/canada/new-brunswick/future-floods-new-brunswick-climate-change-1.5134035#>>
- Poulin, A., Brissette, F., Leconte, R., Arsenault, R. et Malo, J.S. (2011). « Uncertainty of hydrological modelling in climate change impact studies in a Canadian, snow-dominated river basin ». *Journal of Hydrology*, 409, 626–636. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.08.057>>
- Razavi, S. et Gupta, H. (2016). « A new framework for comprehensive, robust, and efficient global sensitivity analysis: 1. Theory ». *Water Resources Research*, 52, 423–439. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1002/2015WR017558>>

- Real Estate Foundation of British Columbia (2018). « 2018 BC Freshwater Public Opinion Insights Topline Report: Results of a public opinion survey conducted June 11-21st, 2018 ». Sondage mené par McAllister Opinion Research. Consulté en juin 2020 sur le site <https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/freshwateralliance/pages/2377/attachments/original/1537895583/2018_water_polling_toplines_S25.pdf?1537895583>
- Reily, D. (2004). « Barrie Water Conservation Program. Tools of Change ». Consulté en février 2019 sur le site <<http://www.toolsofchange.com/en/case-studies/detail/103>>
- Renzetti, S. et Dupont, D. (éd.) (2017). « Water Policy and Governance in Canada ». Global Issues in Water Policy Series, 17. Springer International Publishing, Cham, Suisse.
- Réseau canadien de l'eau (2019). Utiliser de meilleures données pour cerner les vulnérabilités des infrastructures liées aux changements climatiques dans les collectivités canadiennes. Études de cas. En partenariat avec la Fédération canadienne des municipalités. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://cwn-rce.ca/wp-content/uploads/%C3%89tudes-de-cas-Utiliser-de-meilleures-donn%C3%A9es-pour-cerner-les-vuln%C3%A9abilit%C3%A9s-des-infrastructures-li%C3%A9es-aux-changements-climatiques.pdf>>
- Réseau Impact Recherche Canada (2018). Mobilisation des recherches. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://researchimpact.ca/fr/mobilisation-des-connaissances/>>
- Ressources naturelles Canada (2018). Cadre fédéral de la cartographie des plaines inondables. Consulté en juin 2020 sur le site <https://ftp.maps.canada.ca/pub/nrcan_rncan/publications/STPublications_PublicationsST/308/308129/gip_112_v2_0_fr.pdf>
- Ressources naturelles Canada et Sécurité publique Canada (2018). Études de cas sur les changements climatiques dans la cartographie des plaines inondables, volume 1, dans la Série « Guides d'orientation fédéraux sur la cartographie des plaines inondables », 101 p. Gouvernement du Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.4095/306437>>
- Rouillard, J.J. et Spray, C.J. (2017). « Working across scales in integrated catchment management: lessons learned for adaptive water governance from regional experiences ». *Regional Environmental Change*, 17(7), 1869–1880. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10113-016-0988-1>>
- Roy, D. (2013). « Adaptive Policy Analysis of Saskatchewan's 25-year Water Security Plan ». Préparé par l'Institut international du développement durable pour la Division des impacts et de l'adaptation liés au changement climatique, Ressources naturelles Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/adaptool_saskatchewan_water.pdf>
- Salerno, F. (2017). « Adaptation Strategies for Water Resources: Criteria for Research ». *CNR IRSA Water2017*, 9(10), 805. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.3390/w9100805>>
- Sandford, B., Neilson-Welch, L., Morton, C., Robinson, J., Ord, A. et Martens, L. (2011). « Climate Change Adaptation and Water Governance: Background Report ». Préparé par Adaptation to Climate Change Team (ACT). Consulté en juin 2020 sur le site <<http://act-adapt.org/wp-content/uploads/2011/06/09-11-Water-Background-Report-WEB.pdf>>
- Sauchyn, D.J., St-Jacques, J.M., Barrow, E., Nemeth, M.W., Macdonald, R.J., Sheer, A.M.S. et Sheer, D.P. (2016). « Adaptive Water Resource Planning in the South Saskatchewan River Basin: Use of Scenarios of Hydroclimatic Variability and Extremes ». *Journal of the American Water Resources Association*, 52, 222–240. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1111/1752-1688.12378>>
- Scott, P., Tayler, B. et Walters, D. (2017). « Lessons from implementing integrated water resource management: a case study of the North Bay-Mattawa Conservation Authority, Ontario ». *International Journal of Water Resources Development*, 33(3), 393–407. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/07900627.2016.1216830>>
- Sécurité publique du Canada (2011). Un cadre de sécurité civile pour le Canada, deuxième édition. Préparé par la Direction générale des politiques de gestion d'urgence, Sécurité publique du Canada, Ottawa. Consulté en juin 2020 sur le site <www.publicsafety.gc.ca/cnt/rsrscs/pblctns/mrgnc-mngmnt-frmwrk/mrgnc-mngmnt-frmwrk-fra.pdf>
- Sécurité publique du Canada (2018). Stratégie nationale d'atténuation des catastrophes du Canada. Préparé par le ministère de la Sécurité publique du Canada, Ottawa. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/rsrscs/pblctns/mtgtn-strty/index-fr.aspx>>
- Sécurité publique du Canada (s.d.). Base de données canadienne sur les catastrophes. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/rsrscs/cndn-dsstr-dtbs/index-fr.aspx>>
- Semenza, J.C., Ploubidis, G.B. et George, L.A. (2011). « Climate change and climate variability: personal motivation for adaptation and mitigation ». *Environmental Health*, 10, 46. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-46>>
- Service hydrographique du Canada (2019). Niveaux de l'eau moyens mensuels historiques. Pêches et Océans Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <https://www.tides.gc.ca/C&A/network_means-fra.html>
- Sherrin, K. et Verstraten, C. (2013). « What Can Photo-Elicitation Tell Us About How Maritime Farmers Perceive Wetlands as Climate Changes? » *Wetlands*, 33, 65–81. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s13157-012-0352-2>>

- Shrestha, R.R., Schnorbus, M.A., Werner, A.T. et Berland, A.J. (2012). « Modelling spatial and temporal variability of hydrologic impacts of climate change in the Fraser River basin, British Columbia, Canada ». *Hydrological Processes*, 26, 1841–1861. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1002/hyp.9283>>
- Sills, D., Ashton, A., Knott, S., Boodoo, S., Klaassen, J., Bélair, S., et Yang, H. (2016). « *A Billion Dollar Flash Flood in Toronto - Challenges for Forecasting and Nowcasting* ». [Papier de conférence] 28th AMS Conference on Severe Local Storms, Portland, Oregon. Consulté en février 2021 sur le site <www.researchgate.net/publication/311645033_A_Billion_Dollar_Flash_Flood_in_Toronto_-_Challenges_for_Forecasting_and_Nowcasting>
- Simms, G. et de Loë, R.C. (2010). « Challenges for Water Governance in Canada: A Discussion Paper Governance for Source Water Protection in Canada. Governance for Source Water Protection in Canada Report No. 2, 1–24 ». Consulté en juin 2020 sur le site <https://uwaterloo.ca/water-policy-and-governance-group/sites/ca.water-policy-and-governance-group/files/uploads/files/simms_and_deloe_2010.pdf>
- Simonovic, S.P. (2017). « Bringing Future Climatic Change into Water Resources Management Practice Today ». *Water Resources Management*, 31, 2933–2950. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s11269-017-1704-8>>
- Smith, R., Bass, B., Sawyer, D., Depew, D. et Watson, S. (2019). « Estimating the economic costs of algal blooms in the Canadian Lake Erie Basin ». *Harmful Algae*, 87, 101624. <<https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.101624>>
- Southern Chiefs Organization Inc. (2018). « 2017–2018 Annual Report, Chiefs-in-Summit ». Première Nation d'Ebb and Flow. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://scoinc.mb.ca/wp-content/uploads/2019/09/SCO-Annual-Report-Final.pdf>>
- Stakhiv, E., Sciremammano, F., Snyder, J., Barletta, D., Cleary, L. et Lussier, M. (2006). « Options for Managing Lake Ontario and St. Lawrence River Water Levels and Flows ». Rapport final du Groupe d'étude international sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent pour la Commission mixte internationale, 146 p. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://silo.tips/download/report-main-e-6kb>>
- Stanley, M., Puzyreva, M. et Roy, D. (2019). « Advancing Natural Infrastructure in Canada: A forum report. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/advancing-natural-infrastructure-canada.pdf>>
- Statistique Canada (2017). L'activité humaine et l'environnement 2016 : L'eau douce au Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-201-x/16-201-x2017000-fra.htm>>
- Stevenson, L. (2018). « New law aims to protect wetlands, lakes, rivers. Manitoba Co-operator ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.manitobacooperator.ca/news-opinion/news/new-law-aims-to-protect-wetlands-lakes-rivers/>>
- Stone, D. (2002). « Policy Paradox: The Art of Political Decision Making, Revised Edition ». W.W. Norton & Company, New York, New York.
- Straith, D., Adamowski, J. et Reilly, K. (2014). « Exploring the behavioral attributes, strategies and contextual knowledge of champions of change in the Canadian water sector ». *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, 39(3), 255–269. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/07011784.2014.942576>>
- Stratton, E. (2005). « Local Involvement in Water Management and Adaptive Capacity in the Oldman River Basin, Alberta ». Mémoire de maîtrise, Université de Guelph.
- Szeto K., J. Brimelow J., Gysbers, P. et Stewart, R. (2015). « The 2014 Extreme Flood on the Southeastern Canadian Prairies ». Supplément spécial au Bulletin of the American Meteorological Society, 96(12), 20–24. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00110.1>>
- Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (2010). Courant de changement : La pérennité de l'eau et des secteurs des ressources naturelles du Canada, Ottawa. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://nrt-trn.ca/wp-content/uploads/2011/08/courant-de-changement-rapport-eau-fra.pdf>>
- Taranu, Z.E., Gregory-Eaves, I., Leavitt, P.R., Bunting, L., Buchaca, T., Catalan, J. et Vinebrooke, R.D. (2015). « Acceleration of cyanobacterial dominance in north temperate-subarctic lakes during the Anthropocene ». *Ecology Letters*, 18(4), 375–384. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1111/ele.12420>>
- Telfer, L. et Droitsch, D. (2011). « The Canadian Waterscape: assessing the needs of Canada's water leaders ». Walter and Duncan Gordon Foundation. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.deslibris.ca/ID/231388>>
- Teufel, B., Diro, G.T., Whan, K., Milrad, S.M., Jeong, D.I., Ganji, A. et Sushama, L. (2017). « Investigation of the 2013 Alberta flood from weather and climate perspectives ». *Climate Dynamics*, 48(9), 2881–2899. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s00382-016-3239-8>>
- Teufel, B., Sushama, L., Huziy, O., Diro, G.T., Jeong, D.I., Winger, K., Garnaud, C., de Elia, R., Zwiers, F.W., Matthews, H.D. et Nguyen, V.T.V. (2019). « Investigation of the mechanisms leading to the 2017 Montreal flood ». *Climate Dynamics*, 52, 4193–4296. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s00382-018-4375-0>>

- Thistlethwaite, J. et Henstra, D. (2017). « Municipal flood risk sharing in Canada: A policy instrument analysis ». *Canadian Water Resources Journal*, 42, 349–363. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://doi.org/10.1080/07011784.2017.1364144>>
- Thistlethwaite, J., Henstra, D., Peddle, S. et Scott, D. (2017). « Canadian voices on changing flood risk: Findings from a national survey ». Faculté de l'environnement, Université de Waterloo, Ontario, 1–8. Consulté en juin 2020 sur le site <https://uwaterloo.ca/climate-centre/sites/ca.climate-centre/files/uploads/files/canadian_voices_on_changing_flood_risk_fnl.pdf>
- Thompson, S. (2015). « Flooding of First Nations and Environmental Justice in Manitoba: Case Studies of the Impacts of the 2011 Flood and Hydro Development in Manitoba ». *Manitoba Law Journal*, 38(2), 220–259. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://ecohealthcircle.com/wp-content/uploads/2017/02/Flooding-of-First-Nations-and-Environmental-Justice-in-Manitoba.pdf>>
- Thomson Agri-Environmental (2011a). « Vulnerabilities & Adaptations to Extreme Climatic Variability: North Saskatchewan River Watershed. An analysis of socio-economic vulnerabilities to drought and excessive moisture events in the North Saskatchewan River Watershed ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.prairiesrac.com/wp-content/uploads/2018/07/Vulnerabilities-and-Adaptations-to-Extreme-Climatic-Variability-North-Saskatchewan-River-Watershed.pdf>>
- Thomson Agri-Environmental (2011b). « Vulnerabilities & Adaptations to Extreme Climatic Variability: Old Wives Lake Watershed. An analysis of socio-economic vulnerabilities to drought and excessive moisture events in the Old Wives Lake Watershed ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.prairiesrac.com/wp-content/uploads/2018/07/Vulnerabilities-and-Adaptations-to-Extreme-Climatic-Variability-in-the-Old-Wives-Lake-Watershed.pdf>>
- Tremblay, H. (2016). La gestion des conflits d'usage relatif aux ressources en eau par le droit dans un contexte de variabilité hydrologique. Centre de recherche en droit public, Faculté de droit, Université de Montréal, Montréal, Québec, 26 p. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportTremblay2016.pdf>>
- Tsatsaros, J.H., Wellman, J.L., Bohnet, I.C., Brodie, J.E. et Valentine, P. (2018). « Indigenous Water Governance in Australia: Comparisons with the United States and Canada ». *Water*, 10, 1639. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.3390/w10111639>>
- Tu, C., Milner, G., Lawrie, D., Shrestha, N. et Hazen, S. (2017). « Natural Systems Vulnerability to Climate Change in Peel Region ». Rapport technique. Office de protection de la nature de Toronto et de la région, Toronto, Ontario. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://climateconnections.ca/app/uploads/2012/03/Final-Natural-Systems-VA.pdf>>
- Wall, E. et Marzall, K. (2006). « Adaptive capacity for climate change in Canadian rural communities ». *Local Environment*, 11, 373–397. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/13549830600785506>>
- Wandel, J., Pittman, J. et Prado, S. (2010). « Rural vulnerability to climate change in the South Saskatchewan River Basin » dans *The New Normal: The Canadian Prairies in a Changing Climate*, D. Sauchyn, H. Diaz et S. Kulshreshtha (éd.). Prairie Adaptation Research Collaborative, Regina, Saskatoon, 245–258.
- Wang, J. et Strong, K. (2019). Feux de forêt en Colombie-Britannique, 2018. Statistique Canada. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-508-x/16-508-x2019002-fra.htm>>
- Watt, W.E. (1995). « The National Flood Damage Reduction Program: 1976–1995 ». *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, 20, 237–247. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.4296/cwrj2004237>>
- Weber, B. (2018). « Almost every part of Canada's largest national park deteriorating: federal study ». CBC News. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www.cbc.ca/news/canada/edmonton/wood-buffalo-national-park-deteriorating-study-1.4747721>>
- Weikle, B. (2017). « Climate change causes glacial river in Yukon to change direction ». CBC News. Consulté en février 2021 sur le site <<https://www.cbc.ca/news/technology/climate-change-yukon-river-piracy-1.4070153>>
- Weiss, L., Thé, J., Winter, J. et Gharabaghi, B. (2018). « Optimizing best management practices to control anthropogenic sources of atmospheric phosphorus deposition to inland lakes ». *Journal of the Air & Waste Management Association*, 68(10), 1025–1037. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1080/10962247.2018.1463929>>
- Westbrook and Ecogestion (2020). « Action Plan to Protect the Great Lakes and St. Lawrence 2020–2030: Implementing Innovations in Science and in Governance. The Great Lakes and St. Lawrence Collaborative ». Préparé par Westbrook Public Affairs et Écogestion Solutions. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://www.glfc.org/pubs/pdfs/2020%20Great%20Lakes%20and%20St.%20Lawrence%20Collaborative-ENG-Web.pdf>>
- Whateley, S., Steinschneider, S. et Brown, C. (2016). « Selecting Stochastic Climate Realizations to Efficiently Explore a Wide Range of Climate Risk to Water Resource Systems ». *Journal of Water Resource Planning and Management*, 142(2), 6016002. Consulté en juin 2020 sur le site <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000631](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000631)>
- Wheaton, E., Kulshreshtha, S., Wittrock, V. et Koshida, G. (2008). « Dry Times: Hard Lessons from the Canadian Drought of 2001–2002 ». *The Canadian Geographer*, 52(2), 241–262. Consulté en février 2021 sur le site <<https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.2008.00211.x>>

- White, D.D., Withycombe Keeler, L., Wiek, A. et Larson, K.L. (2015). « Envisioning the Future of Water Governance: A Survey of Central Arizona Water Decision Makers ». *Environmental Practice*, 17(1), 25–35. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1017/S1466046614000489>>
- Wiek, A., Keeler, L.W., Schweizer, V. et Lang, D.J. (2015). « Plausibility indications in future scenarios ». *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 9, 133–147. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1504/ijfip.2013.058611>>
- Williams, B.K. et Brown, E.D. (2014). « Adaptive Management: From More Talk to Real Action ». *Environmental Management*, 53, 465–479. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s00267-013-0205-7>>
- Willox, C.A., Harper, S.L., Edge, V.L., Landman, K., Houle, K. et Ford, J.D. (2013). « The land enriches the soul: On climatic and environmental change, affect, and emotional health and well-being in Rigolet, Nunatsiavut, Canada ». *Emotion, Space and Society*, 6, 14–24. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1016/j.emospa.2011.08.005>>
- Wittrock, V., Halliday, R.A., Corkal, D.R., Johnston, M., Wheaton, E., Lettvenuk, J., Stewart, I., Bonsal B. et Geremia, M. (2018). « Saskatchewan Flood and Natural Hazard Risk Assessment ». Préparé par le Conseil de recherche de la Saskatchewan pour le ministère des Relations gouvernementales de la Saskatchewan. Consulté en juin 2020 sur le site <<http://publications.gov.sk.ca/documents/313/109701-109701-SK-FloodandNaturalHazardRiskAssessment.pdf>>
- Wood, M.D., Thorne, S., Butte, G., Linkov, I. et Kovacs, D. (2017). « Adaptive Management for Climate Change » dans *Mental Modeling Approach. Risk, Systems and Decisions*. Springer, New York, New York. Consulté en juin 2020 sur le site <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6616-5_5>
- Woodruff, S.C. (2016). « Planning for an unknowable future: Uncertainty in climate change adaptation planning ». *Climatic Change*, 139, 445–459. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1007/s10584-016-1822-y>>
- World Wildlife Fund (2017). « A National Assessment of Canada's Freshwater (Watershed Reports) ». Consulté en juin 2020 sur le site <<https://wwf.ca/wp-content/uploads/2020/08/WWF-Watershed-Reports-Summit-FINAL.pdf>>
- Yates, J., Harris, L., et Wilson, N. (2017). « Multiple ontologies of water: Politics, conflict and implications for governance ». *Environment and Planning D: Society and Space*, 35(5), 797–815. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://doi.org/10.1177/0263775817700395>>
- Zhang, X., Flato, G., Kirchmeier-Young, M., Vincent, L., Wan, H., Wang, X., Rong, R., Fyfe, J., Li, G. et Kharin, V.V. (2019). « Comprendre les changements climatiques mondiaux observés », chapitre 2 dans *Rapport sur le climat changeant du Canada*, E. Bush et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 24-73. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://changingclimate.ca/site/assets/uploads/sites/2/2020/06/RCCC-FULLREPORT-FR-FINAL.pdf>>
- Zubrycki, K., Roy, D., Osman, H., Lewtas, K., Gunn, G. et Grosshans, R. (2016). « Large Area Planning in the Nelson–Churchill River Basin (NCRB): Laying a Foundation in Northern Manitoba ». International Institute for Sustainable Development. Canadian Electronic Library/desLibris, Winnipeg, Manitoba, Canada. Consulté en juin 2020 sur le site <<https://www.deslibris.ca/ID/10065330>>