



## CHAPITRE 7

# Qualité, quantité et sécurité de l'eau

LA SANTÉ DES CANADIENS ET DES CANADIENNES  
DANS UN CLIMAT EN CHANGEMENT : FAIRE  
PROGRESSER NOS CONNAISSANCES POUR AGIR



Santé  
Canada

Health  
Canada

Canada



## Auteurs principaux

Tim Takaro, Université Simon Fraser

Paddy Enright, Santé Canada et Université de Waterloo

## Auteurs collaborateurs

Shannon Waters, Vancouver Coastal Health

Lindsay Galway, Université Lakehead

Jordan Brubacher, Université Simon Fraser

Eleni Galanis, Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique

Lorraine McIntyre, Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique

Christina Cook, Université de la Colombie-Britannique

Gemma Dunn, Uisce (Ishka) Consulting International

Manon D. Fleury, Agence de la santé publique du Canada

Ben Smith, Agence de la santé publique du Canada

Tom Kosatsky, Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique

## Suggestion de citation

Takaro, T., Enright, P., Waters, S., Galway, L., Brubacher, J., Galanis, E., McIntyre, L., Cook, C., Dunn, G., Fleury, M. D., Smith, B. et Kosatsky, T. (2022). Qualité, quantité et sécurité de l'eau. Dans P. Berry et R. Schnitter (Éd.) [\*La santé des Canadiens et des Canadiennes dans un climat en changement : faire progresser nos connaissances pour agir\*](#), Ottawa (Ontario) : gouvernement du Canada.



# Table des matières

Résumé	533
Messages clés	533
7.1 Introduction	538
7.2 Méthodologie et approche	539
7.3 Changements climatiques, eau et santé	540
7.3.1 Pour les peuples autochtones, l'eau est source de vie	542
7.3.2 Qualité de l'eau	543
7.3.2.1 Systèmes d'approvisionnement en eau potable et santé	543
7.3.2.1.1 Mécanismes par lesquels les changements climatiques ont un impact sur la qualité de l'eau	545
Encadré 7.1 Eau, bassins versants et santé	549
7.3.2.2 Intrusion d'eau salée	551
7.3.2.3 Agents pathogènes dans les eaux usées trouvées dans l'eau de mer	551
7.3.2.4 Efflorescences phytoplanctoniques et algales	552
7.3.3 Quantité d'eau	555
7.3.3.1 Sécheresse	556
7.3.3.2 Débit des cours d'eau et fonte des neiges	559
7.3.3.3 Précipitations extrêmes	559
7.3.3.4 Inondations	560
7.3.3.5 Augmentation prévue du niveau de la mer	563
7.3.3.6 Prévisions relatives aux précipitations	564
7.3.3.7 Prévisions relatives aux précipitations extrêmes	566
7.3.3.8 Prévisions relatives à la disponibilité et à la rareté de l'eau douce	567
7.3.4 Sécurité de l'eau et société	569
7.3.4.1 L'eau et le système alimentaire	569
7.3.4.1.1 Pêche et aliments aquatiques	571
7.3.4.2 Impacts sur les infrastructures	573
7.3.4.2.1 Systèmes d'approvisionnement en eau dans les collectivités autochtones	575
7.3.4.3 Cryosphère	576



---

7.4 Risques et impacts prévus liés à la sécurité sanitaire	578
7.5 Mesures d'adaptation pour réduire les risques	580
7.5.1 Systèmes d'approvisionnement en eau résilients face aux changements climatiques	582
Encadré 7.2 La cogouvernance de l'eau par les peuples autochtones comme moyen de lutter contre les changements climatiques	584
7.5.2 Options d'adaptation visant à protéger la qualité, la quantité et la sécurité de l'approvisionnement en eau	585
7.6 Lacunes en matière de connaissances	590
7.7 Conclusion	592
7.8 Références	594

---

## Résumé

On s'attend à ce que les changements climatiques entraînent des fluctuations de la quantité d'eau, une dégradation de la qualité de l'eau et une augmentation des risques d'inondation et de sécheresse et à ce qu'ils imposent un fardeau plus lourd de maladies d'origine hydrique liées au climat. L'augmentation du niveau de la mer et la fonte des glaces au Canada auront probablement de forts impacts. Ces impacts ne se répercuteront pas de façon égale sur tous les Canadiens et Canadiennes. Les collectivités des Premières Nations, des Métis et des Inuits, dont bon nombre vivent déjà dans l'insécurité de l'approvisionnement en eau, devraient être touchées de façon disproportionnée, tout comme les collectivités rurales et éloignées qui ne disposent que d'infrastructures élémentaires de distribution d'eau et d'égouts.

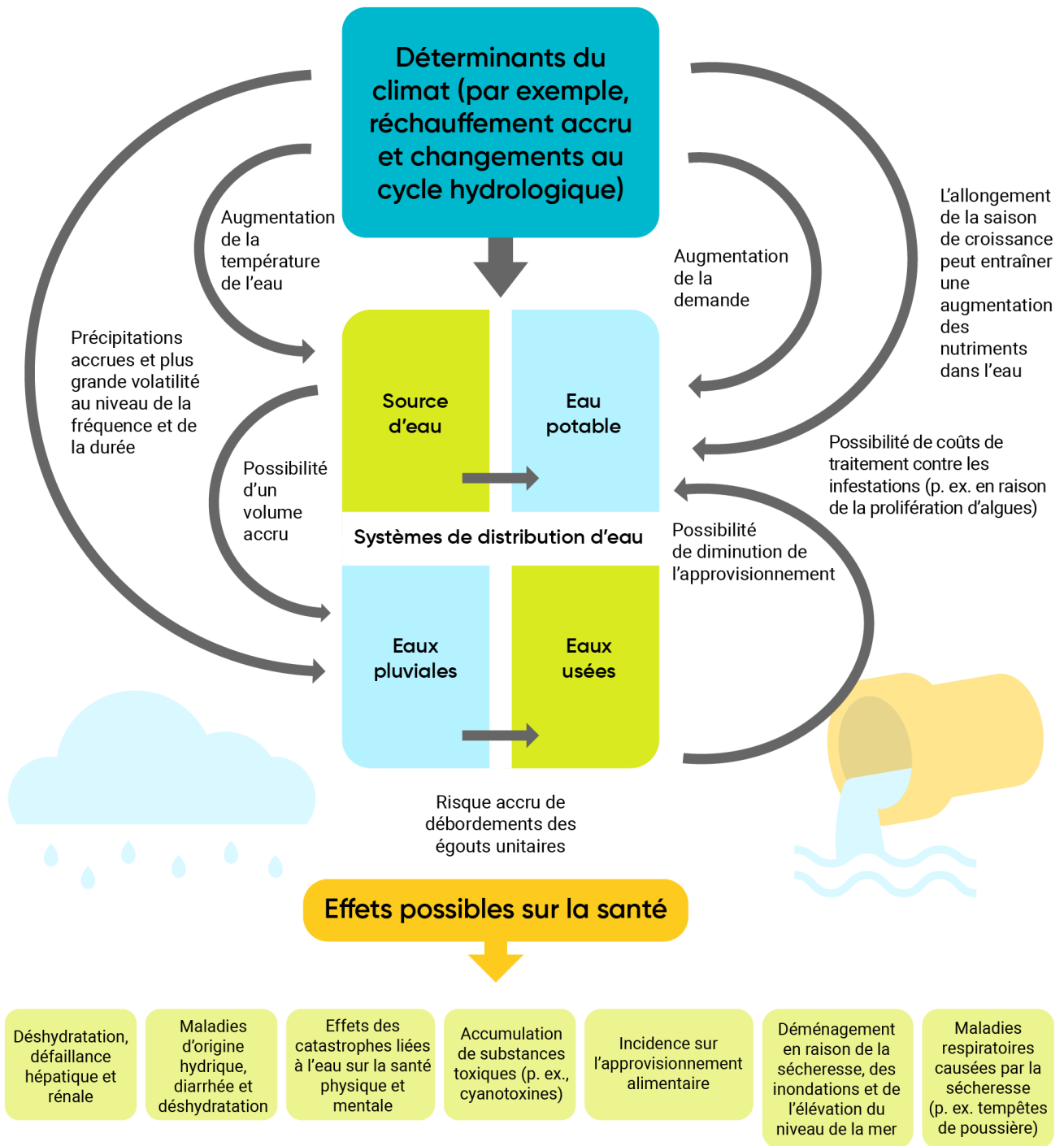
Les impacts sur la santé associés aux effets des changements climatiques sur la qualité de l'eau et la quantité d'eau ne sont pas inévitables. Grâce à des stratégies d'atténuation et d'adaptation efficaces, il est possible de limiter ces impacts. Pour mieux s'adapter à ces impacts attendus et protéger leur santé, les Canadiens et les Canadiennes peuvent évaluer les risques climatiques auxquels fait face une région donnée et les vulnérabilités de celle-ci, élaborer des plans d'adaptation, améliorer les systèmes de surveillance, construire des réseaux d'approvisionnement en eau résilients face aux changements climatiques et favoriser la collaboration intersectorielle pour protéger les ressources hydriques et parer aux risques climatiques.

## Messages clés

- Les variations de précipitations et de température attribuables aux changements climatiques auront des impacts sur la qualité de l'eau et la quantité d'eau et perturberont à la fois les sources d'eau naturelles (rivières, lacs, océans) et les réseaux d'approvisionnement en eau potable et d'évacuation des eaux usées, augmentant ainsi les risques pour la santé de la population canadienne. L'ampleur et l'intensité de ces changements varieront selon les régions et les saisons.
- Les risques hydriques pour la santé associés aux changements climatiques comprennent les menaces qui pèsent sur les systèmes d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation, l'augmentation du nombre de maladies d'origine hydrique (p. ex., cryptosporidiose, giardiase, campylobactériose), les blessures physiques et les impacts sur la santé mentale des événements météorologiques extrêmes comme les inondations et les sécheresses ainsi que les menaces pour la santé et le bien-être attribuables aux conséquences socioéconomiques et environnementales de l'insécurité hydrique.
- Les pénuries d'eau et d'aliments liées aux changements climatiques, combinées à la croissance démographique dans les régions du monde vulnérables au climat qui disposent de moins de ressources, pourraient avoir une incidence sur le Canada en raison des migrations régionales et internationales.



- L'adaptation aux impacts attendus des changements climatiques sur les ressources hydriques et la santé humaine peut aider à protéger la population canadienne contre les risques futurs. De vastes mesures multisectorielles et une coordination entre, par exemple, les professionnels de la santé publique, les fournisseurs de services et les gestionnaires des réseaux d'approvisionnement en eau et d'évacuation des eaux usées seront nécessaires aux fins d'adaptation.
- Les peuples autochtones font partie des populations les plus touchées par la dégradation des ressources hydriques, mais ils disposent d'un savoir acquis au fil de nombreuses générations, qui peut être mis en pratique pour protéger leur santé. Des partenariats entre les collectivités autochtones, les autorités sanitaires et les gestionnaires de l'approvisionnement en eau sont nécessaires pour déterminer les impacts sur la santé d'une population donnée des changements climatiques qui ont des impacts sur les ressources hydriques et mettre en œuvre des stratégies d'adaptation efficaces fondées sur le savoir traditionnel et les besoins culturels.
- Il est nécessaire d'obtenir davantage d'information sur le fardeau actuel des maladies au Canada en ce qui a trait aux impacts des changements climatiques sur les ressources hydriques et les aléas connexes ainsi que sur les risques prévus pour la santé si le réchauffement se poursuit. Des recherches doivent également être menées sur les moyens les plus efficaces de s'adapter aux pressions croissantes exercées sur les systèmes d'approvisionnement en eau potable et les interventions de santé publique requises, y compris la communication des risques au public. De meilleurs modèles de prévision des sécheresses et des inondations régionales doivent être élaborés.
- Les autorités sanitaires peuvent améliorer notre compréhension des impacts des changements climatiques sur les ressources hydriques et la santé ainsi que des options d'adaptation potentielles en réalisant des évaluations locale et régionale de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation axées sur les changements climatiques et la santé. Ce faisant, les autorités sanitaires peuvent améliorer leur état de préparation, maximiser les avantages de la collaboration intersectorielle pour la santé et renforcer la résilience climatique au sein de leurs collectivités.



Exemples de façons directes et indirectes dont les changements climatiques peuvent modifier la qualité de l'eau et la quantité d'eau et nuire à la santé.

## Aperçu des impacts sanitaires de la qualité de l'eau, la quantité d'eau et la sécurité de l'approvisionnement en eau dans le contexte des changements climatiques

CATÉGORIE D'IMPACT OU D'ALÉA SANITAIRE	CAUSES LIÉES AU CLIMAT	EFFETS POSSIBLES SUR LA SANTÉ
Qualité, quantité et sécurité de l'eau et sécurité de l'approvisionnement en eau	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fréquence accrue des fortes précipitations et des inondations entraînant des évacuations dangereuses, des pénuries d'eau potable et des perturbations</li><li>• Fréquence accrue des sécheresses entraînant des pénuries d'eau régionales, une menace pour la sécurité alimentaire, des tempêtes de poussière et la perte d'habitats</li><li>• Accélération de la fonte du pergélisol ayant une incidence sur l'accessibilité à l'eau</li><li>• Fréquence accrue des cas d'intrusion d'eau salée ayant une incidence sur l'accessibilité à l'eau</li><li>• Fréquence accrue des efflorescences algales nuisibles</li><li>• Hausse des températures de l'eau augmentant la prévalence d'agents pathogènes d'origine hydrique</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Infections et maladies d'origine hydrique et alimentaire et mortalité connexe</li><li>• Infections et maladies d'origine hydrique :<ul style="list-style-type: none"><li>• maladie gastro-intestinale aiguë</li><li>• mortalité infantile</li><li>• déficiences congénitales</li><li>• aggravation des maladies chroniques</li><li>• maladies cutanées</li></ul></li><li>• Maladies d'origine alimentaire :<ul style="list-style-type: none"><li>• intoxication alimentaire</li><li>• intoxication paralysante par les mollusques</li></ul></li><li>• Insuffisance rénale</li><li>• Stress et autres impacts sur la santé mentale</li><li>• Maladies respiratoires</li><li>• Insuffisance hépatique</li><li>• Blessures, maladies et mortalité causées par les inondations et les événements de précipitations extrêmes</li><li>• Destruction de l'infrastructure sanitaire ou dommages à celle-ci</li><li>• Perturbations touchant les services de santé et les services sociaux</li></ul>





CATÉGORIE D'IMPACT OU D'ALÉA SANITAIRE	CAUSES LIÉES AU CLIMAT	EFFETS POSSIBLES SUR LA SANTÉ
Qualité, quantité et sécurité de l'eau et sécurité de l'approvisionnement en eau  (suite)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pénuries d'eau causant ou entraînant des conflits internationaux et des migrations forcées</li><li>• Feux de forêt causant la détérioration des bassins versants</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perturbations frappant les systèmes d'approvisionnement en eau et la gestion de l'eau et entraînant des impacts tels que la dégradation de la qualité de l'eau potable</li><li>• Défaillance des systèmes d'approvisionnement en eau potable lors des événements météorologiques extrêmes</li></ul>

## 7.1 Introduction

Les changements climatiques réduiront la qualité de l'eau et la quantité d'eau dans toutes les régions canadiennes selon les saisons (Andrey et coll., 2014). Les effets des changements climatiques sur l'eau peuvent compromettre la santé de la population canadienne de plusieurs façons, notamment par l'augmentation de la fréquence et de la gravité des événements météorologiques extrêmes comme les inondations et les sécheresses ainsi que par la dégradation de la qualité de l'eau potable et des eaux utilisées à des fins récréatives en raison du réchauffement à long terme. Ces effets peuvent survenir en raison des changements qui se produisent dans les limites écologiques, la cryosphère et l'interface eau douce-eau salée. La santé peut également être compromise par les impacts des changements climatiques sur l'eau qui ont une incidence sur la salubrité et la sécurité des aliments, par exemple, en raison de la contamination des poissons ainsi que des mollusques et crustacés (voir le chapitre 8 : Salubrité et sécurité des aliments). Les événements météorologiques extrêmes et le réchauffement à long terme peuvent accroître les contraintes sur les réseaux d'approvisionnement en eau, qui font partie intégrante des efforts visant à assurer la santé et la sécurité de la population.

Les résultats en matière de santé peuvent comprendre les impacts sur la santé physique et mentale, par exemple, à la suite d'une inondation ou pendant une sécheresse. De tels événements peuvent amplifier les impacts sur la santé associés à la contamination chimique et biologique des approvisionnements en eau, comme dans le cas des maladies d'origine hydrique. Les maladies causées par la contamination peuvent être aiguës, infectieuses et limitées au tractus gastro-intestinal ou chroniques et peuvent causer de nombreux effets généraux sur la santé. Les changements dans la qualité de l'eau et la quantité d'eau ont une incidence sur différentes voies d'exposition qui peuvent interagir avec de nombreux facteurs sociaux et comportementaux, ce qui entraîne des résultats négatifs en matière de santé (Trtanj et coll., 2016). Par exemple, les effets des changements climatiques sur l'eau peuvent entraîner la perte de facteurs de stabilité sur le plan culturel et social, qui ont une incidence sur divers déterminants de la santé (p. ex., perte d'emploi dans les industries qui dépendent d'un approvisionnement en eau prévisible) et qui ont également des effets à long terme sur la santé mentale (voir le chapitre 4 : Santé mentale et bien-être).

Le présent chapitre décrit les impacts actuels et futurs possibles sur la santé des changements climatiques au Canada, qui ont une incidence sur les environnements d'eau douce, marins et côtiers, en mettant l'accent sur l'importance des infrastructures d'approvisionnement en eau potable, d'évacuation des eaux usées et d'évacuation des eaux de ruissellement pour réduire les risques. Il comprend une analyse de la façon dont les changements climatiques influent sur les sources de contaminants et les voies d'exposition et présente des prévisions de risques accrus pour la santé lorsque des données sont disponibles. Le chapitre examine les données probantes actuelles concernant les impacts des changements climatiques sur les maladies des poissons et des mollusques et crustacés qui touchent les Canadiens et les Canadiennes ainsi que les impacts plus vastes des changements climatiques sur la sécurité de l'eau. Il décrit les stratégies d'adaptation que les autorités de santé publique peuvent prendre pour protéger la santé en collaboration avec des décideurs hors du secteur de la santé et cerne des lacunes importantes en matière de connaissances pour lesquelles il serait utile de mener des recherches afin de soutenir les mesures visant à se préparer aux changements climatiques.

## 7.2 Méthodologie et approche

Aux fins du présent chapitre, on a utilisé une approche narrative d'examen exploratoire de la littérature pour rechercher l'information relative aux impacts actuels et attendus sur la santé liés à l'eau découlant des changements climatiques et aux mesures d'adaptations possibles au Canada. Des recherches systématiques dans les bases de données Agricola, Medline et Embase ont été effectuées pour recenser les publications parues jusqu'en janvier 2019. Les recherches systématiques ont ciblé sept sujets à l'appui de l'examen narrative plus large, notamment :

- les changements climatiques et l'eau potable;
- les changements climatiques, l'eau et l'adaptation;
- les changements climatiques, l'eau et les efflorescences algales;
- les changements climatiques et l'eau au Canada;
- les changements climatiques, l'eau et les événements météorologiques extrêmes;
- les changements climatiques, l'eau et le système alimentaire;
- les changements climatiques, l'eau et les utilisations autochtones traditionnelles.

Plusieurs termes de recherche ont été utilisés pour chaque sujet. Certains termes de recherche courants comprenaient les suivants : variations des changements climatiques, eau potable, approvisionnement en eau, humain/humains, santé, santé publique, exposition environnementale, maladies, santé mentale, mortalité, morbidité, inondation, salubrité, adaptation, infection, bactéries, agent pathogène, infectieux, parasitaire, origine hydrique et d'autres.

D'autres articles évalués par des pairs et de littérature grise ont été répertoriés d'après les connaissances des auteurs, des commentaires des évaluateurs et des recherches ciblées. Les connaissances des auteurs ont été prises en compte et des recherches ciblées ont été effectuées afin d'inclure les publications pertinentes parues après la réalisation des recherches systématiques. Les estimations des tendances futures en ce qui concerne le débit des cours d'eau, les niveaux des eaux de surface, l'humidité du sol et les eaux souterraines s'appuient sur le *Rapport sur le climat changeant du Canada* (Bush et Lemmen, 2019).

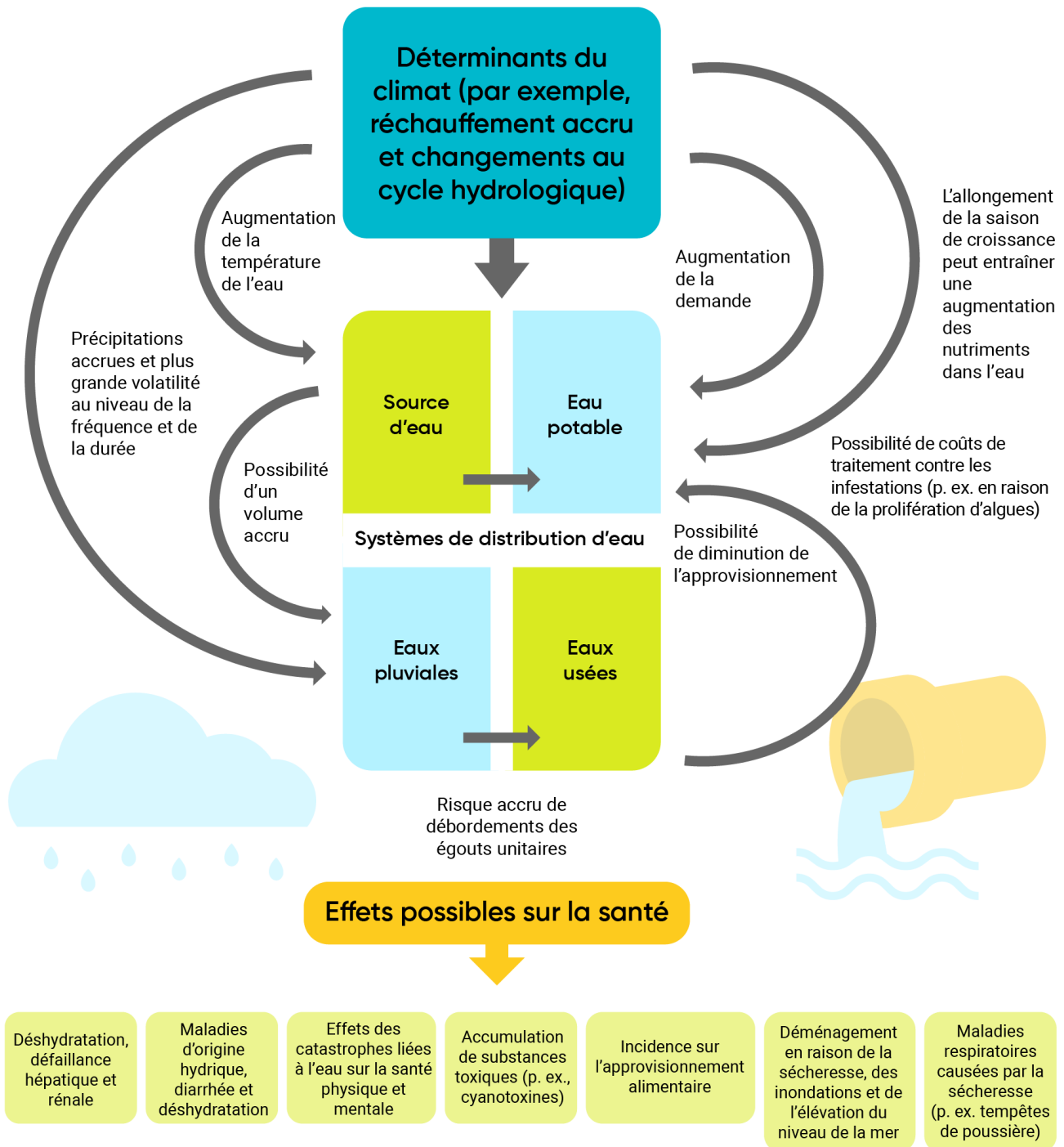
Il faut faire preuve d'une certaine prudence dans l'interprétation des études sur les changements climatiques et les maladies d'origine hydrique. Par exemple, des biais de publication peuvent avoir une incidence sur l'ensemble des données probantes (Levy et al., 2016). De plus, en raison des contraintes relatives à l'utilisation des sources de données secondaires, les études sont souvent soumises à des limitations quant aux covariables qui peuvent être incluses, les estimations étant alors susceptibles de comporter un certain degré d'incertitude. De plus, les agents pathogènes peuvent être transmis par de nombreux agents et de nombreuses voies (Semenza et al., 2012), et il est connu que certains résultats en matière de santé, tels que les maladies gastro-intestinales aiguës (MGIA), sont sous-déclarés (Thomas et al., 2013).

## 7.3 Changements climatiques, eau et santé

La qualité de l'eau et la quantité d'eau sont étroitement liées et varient en fonction des contextes géophysiques, biologiques et sociaux. La quantité d'eau fait référence à l'abondance d'eau disponible dans un écosystème ou une collectivité. La qualité de l'eau fait référence à l'adéquation de l'eau disponible pour un usage particulier (p. ex., boire). La sécurité de l'eau est une mesure de l'accès à une quantité d'eau suffisante ou à une qualité d'eau adéquate pour protéger et promouvoir la santé et le bien-être. Les facteurs hydrogéologiques, dont le sol, l'inclinaison et la composition de l'aquifère, ainsi que les facteurs climatologiques, tels que la température et les précipitations, influencent tous la qualité de l'eau et la quantité d'eau par des voies complexes et interreliées. La qualité de l'eau à sa source et la quantité de celle-ci sont les principaux facteurs qui influent sur l'eau potable et déterminent les exigences en matière de traitement de l'eau (Boholm & Prutzer, 2017). Le déterminant le plus important de la qualité de l'eau est l'activité humaine (Trtanj et al., 2016). Dans la plupart des cas de contamination d'un système d'approvisionnement en eau, l'activité humaine est la source de contamination, soit directement par la présence de déchets humains dans le système d'approvisionnement en eau, soit indirectement par le changement d'affectation des terres, l'industrie ou l'agriculture (Trtanj et al., 2016).

Les facteurs de stress liés aux changements climatiques, comme les précipitations de pluie extrêmes ou la fonte rapide des neiges au printemps, augmentent les risques de maladies d'origine hydrique. En général, les inondations et le débit rapide des rivières diluent les substances dissoutes et transportent les agents pathogènes, tandis que les sécheresses et le faible débit des rivières entraînent leur concentration (Delpla et coll., 2009), ce qui engendre des répercussions sur la santé des populations utilisant les sources d'eau. Les écosystèmes naturels sains sont souvent en mesure de filtrer les contaminants biologiques et chimiques (p. ex., dans les marécages), ce qui souligne la valeur de la protection des sources d'eau pour les systèmes d'approvisionnement en eau potable (SAEP) et la protection de la santé.

Les changements climatiques peuvent, par de nombreuses façons, avoir une incidence sur les ressources hydriques, mais celles-ci sont principalement touchées par les variations de précipitations et de température attribuables au climat. Outre le volume d'eau approprié qui peut être altéré par les inondations ou les sécheresses, de nombreux impacts sur la santé humaine résultent de la présence d'agents biologiques ou chimiques dans l'eau potable, les eaux de baignade et les eaux récréatives ou encore l'eau utilisée à des fins cérémoniales. Les principales répercussions sur la santé humaine sont illustrées à la figure 7.1. D'un point de vue canadien, les effets négatifs sur la santé associés aux impacts des changements climatiques ayant une incidence sur l'eau comprennent les conséquences physiques (p. ex., traumatismes physiques) causées par les inondations, les conséquences sur la santé mentale (p. ex., en raison de l'exposition à des événements météorologiques extrêmes comme les inondations ou les sécheresses) ainsi que les maladies infectieuses d'origine hydrique et d'autres maladies causées par le réchauffement graduel et la contamination chimique et biologique. Les impacts indirects (p. ex., sur l'hygiène personnelle ou la sécurité alimentaire) sont en grande partie attribuables à un accès limité à l'eau de quantité ou de qualité suffisante.



**Figure 7.1** Exemples de façons directes et indirectes dont les changements climatiques peuvent modifier la qualité de l'eau et la quantité d'eau et nuire à la santé.

### 7.3.1 Pour les peuples autochtones, l'eau est source de vie

Les Premières Nations, les Inuits et les Métis sont des peuples différents ayant des croyances, des points de vue et des expériences tout aussi différents. Cependant, l'eau est un sujet sur lequel la grande majorité d'entre eux s'entend (McGregor, 2012). Dans de nombreux enseignements autochtones, l'eau a différentes significations, mais avant tout « l'eau est source de vie » (Assemblée des Premières Nations [APN], 2013; Bharadwaj et Bradford, 2018). L'eau fait partie des récits de la création du monde auxquelles de nombreux peuples autochtones<sup>1</sup> s'identifient et, parce que l'eau est considérée comme la « vie » elle-même, les peuples autochtones ont souvent le sentiment d'avoir un lien sacré avec l'eau et la responsabilité de la protéger maintenant et pour les générations futures (McGregor, 2012; Sanderson et coll., 2015). L'APN décrit cette responsabilité comme un cercle sans fin formé par les « minuscules gouttelettes d'eau qui tombent du ciel et qui poursuivent leur chemin vers les lacs, les rivières et le sol où elles s'accumulent » (APN, 2013, page 1). Les aînés inuits décrivent le pouvoir curatif de l'eau provenant d'une source naturelle par rapport à l'eau provenant de l'aqueduc municipal en ces termes : « Je me sens plus vivant lorsque je bois l'eau de la rivière. Plus vivant et actif. » (Watson, 2017, page 123).

Pour de nombreux peuples autochtones, l'eau est sacrée et possède des pouvoirs, jouant différents rôles dans leur vie qui vont bien au-delà de l'hydratation – outre son apparence et son potentiel médicinal, l'eau est un symbole de fertilité, de pureté, de force et de douceur, abrite des êtres vivants (dont certains sont des sources d'aliments traditionnels), a une action purifiante qui enrichit la vie et est un élément d'interdépendance (McGregor, 2012; Sanderson et coll., 2015; Bharadwaj et Bradford, 2018). L'eau n'est pas considérée comme un aspect distinct de l'environnement, mais comme faisant partie d'un système holistique. De nombreux peuples autochtones considèrent que l'eau, outre son utilité pour les humains, remplit notamment les fonctions suivantes : nourrit les plantes, sert d'habitat aux poissons, assure la croissance des plantes servant de remèdes traditionnels et permet aux animaux de s'abreuver. L'eau est essentielle à la vie et au bien-être physique, émotionnel, mental et spirituel de nombreux peuples autochtones (McGregor, 2012). Les changements climatiques ayant une incidence sur la disponibilité de l'eau douce dans le Nord ont eu des impacts sur l'approvisionnement en aliments de subsistance et le lien avec la terre (Goldhar et coll., 2013a).

Pour de nombreux peuples autochtones, l'eau a un esprit et doit être respectée en tant qu'être vivant. L'eau est considérée par beaucoup d'Autochtones comme un proche parent ou un participant dans le contexte d'une relation axée sur la bienveillance et la compassion. De nombreux peuples autochtones considèrent que les divers plans d'eau ont des personnalités différentes et que l'eau a des sentiments et qu'elle peut donc être triste ou en colère si elle n'est pas respectée ou traitée correctement. Comme dans toute relation, chaque partie doit assumer ses responsabilités. Par conséquent, l'eau doit être respectée et autorisée à remplir ses devoirs de don de vie. Partout au Canada, il existe des protocoles et des cérémonies locaux pour remercier l'esprit de l'eau ainsi que pour établir et maintenir un lien spirituel avec l'eau (McGregor, 2012).

---

1 Le terme « autochtone » est utilisé dans le présent chapitre pour désigner collectivement les premiers habitants du Canada et leurs descendants, y compris les Premières Nations, les Inuits et les Métis selon la définition de l'article 35 de la *Loi constitutionnelle de 1982*. Dans la mesure du possible, des distinctions claires sont faites entre ces trois groupes distincts et reconnus par la Constitution. Il est également fait référence aux peuples autochtones à l'extérieur du Canada dans certains cas – en particulier lorsqu'il est question de politiques, de processus et de droits internationaux en matière de climat – et sont désignés comme tels.

Les peuples autochtones, ainsi que toutes les plantes et tous les animaux, ont le droit à une eau propre et saine et ont la responsabilité de prendre des décisions éclairées qui ont une incidence sur les eaux en planifiant pour au moins sept générations futures (McGregor, 2012; Sanderson et coll., 2015; Cowichan Watershed Board [CWB], 2018). Les peuples autochtones ont des droits souverains, inhérents et issus de traités sur les terres et les eaux de leurs territoires traditionnels et continuent d'affirmer et d'exercer leurs droits et responsabilités par des cérémonies et des pratiques de gestion à titre d'intendants traditionnels des bassins versants (APN, 2013). La Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones, adoptée par le Canada, décrit le travail nécessaire pour parvenir à la réconciliation, y compris dans les domaines relatifs à l'eau. Les articles 25 et 32 de la Déclaration défendent le droit des peuples autochtones à leur relation particulière avec l'eau et leur droit d'assumer leurs responsabilités à l'égard des générations futures. La Déclaration demande aux États d'obtenir le consentement libre et éclairé des peuples autochtones avant d'approuver tout projet qui aura une incidence sur leurs terres ou territoires et d'autres ressources, en particulier dans le cadre de la mise en valeur, de l'utilisation ou de l'exploitation des ressources minérales, hydriques ou autres (McGregor, 2012). Cette relation particulière avec l'eau est un contexte important à prendre en considération pour examiner les impacts des changements climatiques sur les peuples autochtones pour le reste du présent chapitre.

## 7.3.2 Qualité de l'eau

### 7.3.2.1 Systèmes d'approvisionnement en eau potable et santé

Les systèmes d'approvisionnement en eau potable (SAEP) sont conçus pour fournir de l'eau potable salubre et, par extension, pour protéger et favoriser la santé humaine. La majeure partie de la population canadienne est desservie par de grands SAEP municipaux tandis qu'environ 15 % de la population est desservie par de plus petits systèmes privés (Pons et al., 2015). Certains Canadiens et Canadiennes, plus particulièrement ceux et celles qui vivent dans les régions rurales, ont accès à l'eau potable par des SAEP privés (c.-à-d. des systèmes privés qui fournissent de l'eau potable aux particuliers et aux ménages qui en sont propriétaires), comme les puits ou les réseaux alimentés par une source ou des eaux de surface (Statistique Canada, 2011). Dans le contexte canadien, il n'existe pas de définition universellement acceptée d'un petit SAEP, et il existe d'importantes différences en ce qui concerne la définition et la réglementation des petits SAEP entre les provinces et les territoires (Charrois, 2010; Pons et al., 2015). Aux fins du présent rapport, les grands SAEP sont définis comme étant ceux qui desservent des populations de 5 000 personnes ou plus et les petits SAEP sont ceux qui desservent des populations de moins de 5 000 personnes (Santé Canada, 2005). Certains SAEP sont alimentés par des eaux de surface ou des eaux souterraines tandis que d'autres sont alimentés par ces deux sources d'eau. Environ 10 % de la population dépend d'une source d'eau souterraine, et la plupart des Canadiens et des Canadiennes disposant d'un SAEP privé ont accès à une source d'eau souterraine (Statistique Canada, 2011; Murphy et al., 2016a).

Les résultats les plus souvent étudiés en matière de santé liés à l'eau potable sont les MGIA et d'autres maladies d'origine hydrique. Les petits SAEP privés au Canada sont plus susceptibles de provoquer une contamination et des éclosions de MGIA que les grands SAEP gérés par les municipalités (Hrudey & Hrudey, 2004; Schuster et al., 2005; Uhlmann et al., 2009; Wilson et al., 2009; Charrois, 2010). Les enquêtes sur les éclosions de maladies d'origine hydrique antérieures survenues dans les SAEP au Canada ont montré qu'une

forte proportion des éclosions se sont produites dans de petits SAEP (Moffatt et Struck, 2011) et sont le plus souvent attribuables à de nombreux facteurs de risque tels que des défaillances du système, le manque de traitement, une surveillance limitée, des limites financières, les connaissances des utilisateurs ou des sources d'eau de mauvaise qualité (Schuster et al., 2005; Wilson et al., 2009). Les SAEP privés ne sont généralement pas traités et ils sont exposés à la contamination (Schuster et al., 2005), en particulier lorsque les eaux de surface et les eaux souterraines sont directement influencées par des sources d'eau de surface (Murphy et al., 2016b). Néanmoins, des SAEP de toute taille alimentés par différentes sources ont été associées à des maladies d'origine hydrique, y compris la plus grande éclosion enregistrée à Milwaukee, au Wisconsin, aux États-Unis, en 1993, 403 000 cas de MGIA ayant été signalés (Corso et coll., 2003). Bien que de nombreuses mesures soient prises dans le cas des grands SAEP municipaux pour prévenir la contamination et réduire le risque de maladies sporadiques et associées à une éclosion, une diversité de contraintes, comme la croissance démographique, la détérioration de l'infrastructure, les limites financières et les changements climatiques, exercent des pressions sans précédent sur ces systèmes (Sharma et al., 2010). En raison de ces contraintes, il pourrait être de plus en plus difficile de garantir un approvisionnement fiable en eau potable salubre aux Canadiens et aux Canadiennes au moyen des grands SAEP municipaux (Shuster-Wallace et coll., 2019; Shuster-Wallace et coll., 2020).

Bien qu'une grande partie de la population canadienne bénéficie d'un accès fiable à une eau potable de qualité, de nombreuses collectivités autochtones font face à des défis de longue date en matière d'accès à une eau potable salubre, y compris des avis à long terme concernant la qualité de l'eau potable et un accès limité à de l'eau de qualité ou à des SAEP sûrs. Dans le Nord canadien, les Inuits et d'autres habitants du Nord dépendent souvent d'un approvisionnement en eau par camion-citerne, l'eau étant acheminée vers des résidences ou des centres de distribution et entreposée dans des réservoirs jusqu'à ce qu'elle soit utilisée (Daley et coll., 2018). Ce type d'approvisionnement en eau peut nuire à la santé compte tenu de son caractère inadéquat (p. ex., les réservoirs ne contiennent pas suffisamment d'eau pour répondre aux besoins des ménages) et de la mauvaise qualité potentielle de l'eau (p. ex., l'eau peut être contaminée pendant l'entreposage) (Daley et coll., 2014). Les questions relatives à la gestion de l'eau dans les collectivités autochtones sont abordées plus en détail à la section 7.3.4.2 Impacts sur les infrastructures.

La contamination de l'eau destinée à la consommation humaine (p. ex., boire, cuisiner et se laver) ou aux loisirs (p. ex., baignade en eau libre) est généralement classée comme étant biologique, chimique ou radioactive. La contamination biologique est microbienne si elle est causée par des bactéries, des protozoaires, des virus ou des algues et est généralement traitée dans les SAEP municipaux qui ont recours à la filtration et à la désinfection (Ashbolt, 2015). Les menaces de contamination chimique sont variées et comprennent l'arsenic, le plomb, les microplastiques et les produits pharmaceutiques (c.-à-d. les hormones synthétiques) (Kleywegt et coll., 2011; Uslu et coll., 2013). Bon nombre de ces contaminants nécessitent un traitement complexe (Kim et al., 2018), ce qui représente un défi dans le cas de nombreux SAEP au Canada. La contamination radioactive (p. ex., les isotopes du radium, de l'uranium et du radon) doit être éliminée par filtration.

L'approvisionnement en eau potable demeure un défi dans le cas de bon nombre de SAEP au Canada. Par exemple, entre 2011 et 2017, en moyenne, 10 % des ménages canadiens desservis par un SAEP municipal ont déclaré avoir reçu un avis d'ébullition de l'eau au cours de la dernière année (Statistique Canada, 2021). Une proportion importante (près de 50 %) des avis d'ébullition de l'eau sont émis à la suite de problèmes liés aux SAEP, comme des bris de conduite, des pertes de pression ou des travaux d'entretien planifiés. La plupart



de ces avis d'ébullition de l'eau étaient préventifs et ont été levés lorsque les réparations ou les travaux d'entretien ont été terminés (Santé Canada, 2015).

Les changements climatiques peuvent aggraver les problèmes liés aux SAEP en raison du réchauffement graduel, des événements météorologiques extrêmes (p. ex., inondations, sécheresses, feux de forêt) et de l'intrusion d'eau salée, qui peuvent tous accroître le risque de contamination des eaux et le besoin de traitement. Il sera nécessaire d'appliquer une approche fondée sur les risques à la surveillance de la contamination potentielle étant donné que les changements climatiques augmentent les risques actuels liés à la qualité de l'eau et entraînent des risques futurs inconnus.

#### **7.3.2.1.1 Mécanismes par lesquels les changements climatiques ont un impact sur la qualité de l'eau**

La saisonnalité de nombreuses maladies infectieuses, y compris des cas sporadiques (Lake et coll., 2005; Britton et coll., 2010; Lal et coll., 2013) et des éclosions de MGIA d'origine hydrique, est bien documentée. On considère qu'une éclosion survient si deux personnes ou plus ayant un lien épidémiologique sont atteintes d'une maladie semblable après avoir été exposées à la même source d'eau (Curriero et coll., 2001; Auld et coll., 2004). Le niveau d'exposition requis pour subir des effets sur la santé diffère selon l'agent pathogène et, dans de nombreux cas, l'individu (p. ex., niveau d'exposition moins élevé chez les enfants que chez les adultes). Le tableau 7.1 donne un aperçu des agents biologiques sensibles au climat causant des maladies transmissibles par l'eau.

**Tableau 7.1 Agents biologiques sensibles au climat causant des maladies transmissibles par l'eau**

AGENT PATHOGÈNE OU MICRO-ORGANISME PRODUCTEUR DE TOXINES	VOIE D'EXPOSITION	CERTAINS SYMPTÔMES ET RÉSULTATS EN MATIÈRE DE SANTÉ	PRINCIPAUX FACTEURS CLIMATIQUES OU CORRÉLATIONS AVEC LE CLIMAT (LES FACTEURS LES PLUS IMPORTANTS SONT ÉNUMÉRÉS EN PREMIER)
Algues : espèces marines toxigènes suivantes : <i>Alexandrium</i> , <i>Pseudo-nitzschia</i> , <i>Dinophysis</i> , <i>Gambierdiscus</i> et <i>Karenia brevis</i>	Consommation de mollusques et crustacés et de poissons  Eaux récréatives (y compris les toxines aérosolisées)  Eau potable	Maladies gastro-intestinales et neurologiques causées par une intoxication par les mollusques (paralytique, amnésique, diarrhéique, neurotoxique) ou des poissons (ciguatera)  Exacerbations de l'asthme, irritations oculaires causées par le contact avec des toxines aérosolisées ( <i>K. brevis</i> )	Augmentation de la température de l'eau, courants océaniques de surface, acidification des océans, ouragans (espèces de <i>Gambierdiscus</i> et <i>K. brevis</i> )
Cyanobactéries (plusieurs espèces présentes en eau douce produisant des toxines, y compris la microcystine)	Eau potable  Eaux récréatives	Lésions au foie et aux reins, gastro-entérite (diarrhée et vomissements), troubles neurologiques et arrêt respiratoire	Augmentation de la température de l'eau, tendances des précipitations
Bactéries entériques et parasites protozoaires, y compris <i>Salmonella enterica</i> , espèces de <i>Campylobacter</i> , <i>Escherichia coli</i> toxigène, <i>Cryptosporidium</i> , <i>Giardia</i>	Eau potable  Eaux récréatives  Consommation de mollusques et crustacés	Les agents pathogènes entériques causent généralement la gastro-entérite; certains cas peuvent être graves et être associés à des effets à long terme et récurrents	Changements de la température de l'air et de l'eau, fortes précipitations (surtout lorsqu'elles sont précédées d'une période sèche) et inondations



AGENT PATHOGÈNE OU MICRO-ORGANISME PRODUCTEUR DE TOXINES	VOIE D'EXPOSITION	CERTAINS SYMPTÔMES ET RÉSULTATS EN MATIÈRE DE SANTÉ	PRINCIPAUX FACTEURS CLIMATIQUES OU CORRÉLATIONS AVEC LE CLIMAT (LES FACTEURS LES PLUS IMPORTANTS SONT ÉNUMÉRÉS EN PREMIER)
Virus entériques, y compris les entérovirus, les rotavirus, les norovirus, les virus de l'hépatite A et E	Eau potable Eaux récréatives Consommation de mollusques et crustacés	Maladie gastro-intestinale dans la plupart des cas; les cas graves peuvent inclure la paralysie et l'infection du cœur ou d'autres organes	Fortes précipitations, inondations et changements de la température de l'air et de l'eau
Bactéries <i>Leptospira</i> et <i>Leptonema</i>	Eaux récréatives Systèmes intérieurs de refroidissement par eau	Syndrome grippal léger à grave (avec ou sans fièvre) à cas graves de méningite, d'insuffisance rénale et d'insuffisance hépatique	Inondations, augmentation de la température de l'eau, fortes précipitations
Espèces de <i>Vibrio</i> (bactéries)	Eaux récréatives Consommation de mollusques et crustacés	Varient selon les espèces, mais comprennent la gastro-entérite ( <i>V. parahaemolyticus</i> , <i>V. cholerae</i> ), la septicémie (infection de la circulation sanguine) par ingestion ou en présence d'une plaie ( <i>V. vulnificus</i> ), infections de la peau, des yeux et des oreilles ( <i>V. alginolyticus</i> )	Augmentation de la température de l'eau, augmentation du niveau de la mer, tendances des précipitations (car elles ont une incidence sur la salinité des eaux côtières)

AGENT PATHOGÈNE OU MICRO-ORGANISME PRODUCTEUR DE TOXINES	VOIE D'EXPOSITION	CERTAINS SYMPTÔMES ET RÉSULTATS EN MATIÈRE DE SANTÉ	PRINCIPAUX FACTEURS CLIMATIQUES OU CORRÉLATIONS AVEC LE CLIMAT (LES FACTEURS LES PLUS IMPORTANTS SONT ÉNUMÉRÉS EN PREMIER)
Espèces de <i>Legionella</i> (bactéries), mycobactéries non tuberculeuses (données probantes semblant indiquer l'existence d'un lien)	Systèmes intérieurs de refroidissement par eau	Pneumonie	Température de l'air, événements météorologiques extrêmes, utilisation fortement accrue de la climatisation

Source: Trtanj et coll., 2016

On a observé la saisonnalité distincte des maladies d'origine hydrique dans différents systèmes hydroclimatiques tant au Canada qu'ailleurs dans le monde (Bertuzzo et al., 2012; Galway et al., 2014). Bon nombre d'études épidémiologiques ont établi un lien entre les MGIA et la température de l'air ambiant, les inondations et les chutes de pluie abondantes, ce qui explique en partie ces tendances saisonnières (Levy et al., 2016). Par exemple, les taux de MGIA (causées par les bactéries ou les protozoaires) en Colombie-Britannique atteignent un sommet au début de l'été dans les bassins versants où il y présence abondante de neige et à l'automne dans les bassins versants où il y présence abondante de pluie, ce qui correspond à peu près au moment où le ruissellement de surface et l'alimentation des nappes souterraines sont prédominants dans chacun des deux systèmes hydroclimatiques (Galway et al., 2014). Les précipitations de pluie extrêmes augmentent ce déversement d'eau, souvent mesuré en turbidité dans les sources d'eau, en particulier après une période sèche (Chhetri et coll., 2017). La compréhension des facteurs hydroclimatiques, y compris des variations saisonnières liées aux changements climatiques et des tendances saisonnières sous-jacentes des MGIA, permettra aux concepteurs et aux opérateurs des SAEP de prendre des mesures pour améliorer l'efficacité des méthodes de filtration et de traitement et réduire la contamination et les risques de MGIAI pendant les pics saisonniers prévus de maladies (Galway et al., 2014).

## Encadré 7.1 Eau, bassins versants et santé

Les bassins versants sont plus que de simples bassins de drainage. Il s'agit de systèmes socio-écologiques complexes ayant évolué au fil des millénaires, qui sont reliés par l'eau dont toute vie dépend (Parkes et coll., 2010). Les bassins versants englobent les terres environnantes et sont des systèmes reliés, les petits cours d'eau formant leur propre bassin versant faisant partie de bassins versants de plus en plus grands jusqu'à l'échelle mondiale (p. ex., la rivière des Outaouais est elle-même un grand bassin versant, lequel fait partie du bassin versant encore plus grand du fleuve Saint-Laurent). Les bassins versants peuvent être décrits physiquement comme des bassins dans lesquels l'eau sous l'effet de la gravité entraîne l'exposition en aval à des sources d'agents pathogènes présents en amont.

De plus en plus d'initiatives de gestion de l'eau et d'autres initiatives de gestion des ressources naturelles et des écosystèmes mettent l'accent sur les bassins versants, comme celles mises en place par les offices de protection de la nature de l'Ontario (Conservation Ontario, date inconnue). À l'échelle nationale, les approches de gestion des écosystèmes axées sur les bassins versants se sont révélées des leviers d'action participative ou communautaire (Bakker et Cook, 2011; Guehlstorf et Hallstrom, 2012; Morris et Brandes, 2013; Gérin-Lajoie et coll., 2018). À elle seule, la Colombie-Britannique compte plus de 230 groupes communautaires, dont bon nombre sont dirigés par des bénévoles, qui se consacrent à la protection de la qualité de l'eau.

Cet intérêt croissant pour la gestion des ressources hydriques et la protection de l'environnement axées sur les bassins versants favorise la prise d'initiatives dirigées par des citoyens visant à surveiller les effets sur la santé des impacts des changements climatiques sur les ressources hydriques, à en rendre compte et à prendre les mesures nécessaires. Par exemple, de nombreuses collectivités autochtones ont élaboré des stratégies applicables aux bassins versants comme moyen de gouvernance de leurs ressources. Bon nombre de jeunes participent à ces efforts en devenant la prochaine génération de « watershed warriors » (« guerriers des bassins versants ») (APN, 2013). De nombreuses collectivités des Premières Nations dans les Prairies ont élaboré des plans de protection des sources d'eau (Patrick, 2018), qui amélioreront la santé humaine. Les peuples autochtones sont confrontés à des problèmes et à des défis de longue date liés aux nombreuses pressions concurrentes lorsqu'ils tentent de protéger leurs bassins versants (APN, 2013; Goldhar et coll., 2013a). Les organisations axées sur la gouvernance et la gestion des bassins versants sont essentielles à la protection de ces bassins en tant que systèmes socio-écologiques (Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2016; Picketts et coll., 2017).

Les tendances, la fréquence et l'intensité des précipitations peuvent influencer de plusieurs façons sur les MGIA d'origine hydrique. Les tendances des précipitations peuvent influencer sur le ruissellement de surface et l'érosion et entraîner la remise en suspension des particules et des agents pathogènes, ce qui augmente le risque de contamination des eaux de surface et des eaux souterraines par des agents pathogènes et compromet l'efficacité des SAEP (Semenza et al., 2012). Certaines recherches indiquent que de fortes pluies survenant après une période de sécheresse peuvent provoquer des ruissellements de surface associés à des quantités particulièrement importantes d'agents pathogènes et un risque accru de contamination des eaux de surface (Levy et al., 2016). De plus, les précipitations de pluie extrêmes peuvent augmenter

les concentrations microbiennes dans les réserves d'eau potable en raison, notamment, de la plus grande quantité de matières particulaires présentes à la suite du ruissellement de surface et de la remise en suspension des sédiments du fond des cours d'eau, ce qui augmente la turbidité (Mann et al., 2007; De Roos et al., 2017). La turbidité fait référence à l'état trouble de l'eau ou aux matières solides non dissoutes et est un indicateur indirect de la qualité de l'eau. Il a été démontré qu'une forte turbidité réduit l'efficacité du traitement de l'eau dans les SAEP et peut également favoriser la croissance microbienne dans les sources d'eau (Mann et al., 2007). Les phénomènes météorologiques associés à la neige (p. ex., précipitations de pluie sur le manteau neigeux, fonte des neiges ou dégel printanier) peuvent aussi avoir une incidence sur le risque de MGIA, mais la question n'a pas fait l'objet de nombreuses études (Jagai et al., 2012).

Près de 70 % de toutes les éclosions de maladies d'origine hydrique, qui sont survenues aux États-Unis de 1948 à 1994, se sont produites après une forte pluie (Curriero et al., 2001). Les fortes précipitations de pluie ont également été considérées comme un facteur en cause dans la tragédie survenue à Walkerton, en Ontario, au Canada (Auld et al., 2004) et la plus importante éclosion de MGIA qui s'est produite à Milwaukee, aux États-Unis, en 1993. À la suite d'un événement de fortes précipitations survenu à Milwaukee, le sol a rapidement été saturé, provoquant un ruissellement de surface et, de ce fait, augmentant la turbidité, ce qui a altéré le processus de traitement de l'eau (Curriero et al., 2001). Contrairement à l'incident de Milwaukee qui a été causé par un seul événement de forte pluie, l'incident de Walkerton est survenu après plusieurs jours de fortes pluies, lesquelles ont saturé le sol, ce qui a entraîné la contamination d'un puits d'eau potable. De nombreux agents pathogènes ont contaminé l'approvisionnement en eau (Auld et al., 2004) auquel ont eu accès les consommateurs après d'autres défaillances du matériel de traitement de l'eau (Hrudey et coll., 2003). Ces exemples mettent en évidence certaines similitudes et différences quant à la façon dont les précipitations extrêmes peuvent compromettre la qualité de l'eau des SAEP selon diverses conditions hydrologiques et les répercussions possibles des changements climatiques futurs.

Au Canada, le fardeau des cas sporadiques de MGIA est probablement plus lourd que celui des éclosions de MGIA, mais les cas sporadiques sont plus difficiles à étudier. Deux études relativement vastes menées sur 10 ans en Colombie-Britannique ont enregistré une moyenne de 19 cas par 100 000 personnes et de 26,9 cas par 100 000 personnes, respectivement. Aucune éclosion n'est survenue au cours des deux périodes d'étude (Uhlmann et coll., 2009; Chhetri et coll., 2017). La détermination des voies de transmission et la sous-déclaration, y compris la possibilité d'éclosions non signalées, comportent des difficultés (Hunter & Thompson, 2005). Cependant, de nouvelles données probantes semblent indiquer un lien possible entre les événements de précipitations extrêmes et l'augmentation des cas sporadiques de MGIA associés aux SAEP municipaux (Chhetri et al., 2017). Bien que le risque pour certaines personnes en particulier soit faible, le nombre de cas ou le risque pour la population est élevé en raison des populations denses exposées. Étant donné que la plupart des cas de MGIA ne sont pas déclarés, il est probable que les estimations de ces cas soient plutôt prudentes. Dans une enquête représentative menée en Colombie-Britannique, on a estimé que seulement un cas de cryptosporidiose sur 48,5 et un cas de giardiose sur 40,7 sont signalés (MacDougall et al., 2008).

Avant l'installation d'une usine de traitement de l'eau potable par filtration sur membrane desservant une grande partie de la région métropolitaine de Vancouver en 2010, on a observé une augmentation significative des maladies d'origine hydrique deux à quatre semaines après la survenue de fortes pluies (définies comme étant supérieures au 90<sup>e</sup> centile) (Chhetri et al., 2017). Une autre étude menée par la Commission mixte

internationale (CMI) à l'aide de méthodes identiques a mis en évidence des liens similaires dans trois SAEP municipaux alimentés par les Grands Lacs (Mezzacapo et coll., 2018). Dans les deux études, une période sèche, définie par l'absence de précipitations durant au moins 30 jours des 60 jours précédents, était un facteur de risque important. Une période sèche préalable a également été observée dans d'autres études (Levy et al., 2016). On émet l'hypothèse qu'une période sèche, ou sécheresse, permet l'accumulation d'agents pathogènes dans l'environnement et les sources d'eau, augmentant ainsi le risque de contamination de l'eau potable (Levy et al., 2016). Bien que les résultats de ces études ne puissent pas être extrapolés à d'autres bassins versants du Canada, ils mettent en évidence la vulnérabilité aux maladies sporadiques en cas de fortes pluies en lien avec certains SAEP municipaux, indépendamment des éclosions attribuables aux défaillances de ceux-ci. On s'attend à ce que les changements climatiques augmentent la fréquence des précipitations de pluie extrêmes dans de nombreuses régions du Canada (Chhetri et coll., 2017; Bush et Lemmen, 2019). D'autres études sont nécessaires pour examiner les effets des précipitations de pluie extrêmes après des périodes sèches sur les différentes méthodes de traitement de l'eau et le rendement de chacune de ces méthodes dans les nombreux types de systèmes hydroclimatiques dans l'ensemble des bassins versants du Canada.

### 7.3.2.2 Intrusion d'eau salée

Dans les régions côtières du Canada, l'intrusion d'eau salée dans les aquifères est une préoccupation croissante, puisque l'eau salée peut contaminer les eaux souterraines, les rendant inutilisables aux fins de consommation ou d'irrigation. La croissance démographique, qui s'accompagne d'une plus forte demande en eau souterraine, ainsi que de l'augmentation du niveau de la mer et les ondes de tempête sont toutes des facteurs responsables de ce phénomène (Klassen & Allen, 2017). Il est difficile d'étudier ces changements en raison des interactions complexes entre les aquifères côtiers d'eau douce et d'eau saline. Comme les intrusions d'eau salée peuvent durer des années, voire des décennies, leurs impacts sur l'eau, la sécurité alimentaire et la santé humaine peuvent être durables et graves (Luh et al., 2017). La contamination des eaux souterraines par l'eau de mer entraîne une augmentation de la demande en eau de surface et en eau souterraine de sources non contaminées. Les petites îles qui connaissent une croissance démographique, comme les îles Gulf de la Colombie-Britannique, sont particulièrement vulnérables. Le nombre accru de puits côtiers sur certaines îles Gulf a entraîné une baisse de la nappe phréatique, ce qui a entraîné une intrusion d'eau salée et une contamination possible des puits situés le plus près de la côte (Klassen & Allen, 2017). Des intrusions d'eau salée se sont également produites dans l'Arctique canadien et le Canada atlantique (Somers et Nishimura, 2012; Thienpont et coll., 2012).

### 7.3.2.3 Agents pathogènes dans les eaux usées trouvées dans l'eau de mer

Les agents pathogènes présents dans les eaux usées peuvent se retrouver dans l'eau de mer et s'accumuler dans les mollusques et les crustacés, en particulier les mollusques bivalves filtreurs comme les huîtres, les moules et les palourdes (Le Guyader et coll., 2000), qui, lorsqu'ils sont consommés crus ou insuffisamment cuits, peuvent causer des maladies sporadiques et des éclosions de maladies (Bellou et coll., 2013). Les agents pathogènes les plus préoccupants comprennent les norovirus et le virus de l'hépatite A. Les norovirus

sont une cause très fréquente de gastro-entérite provoquant des symptômes tels que des nausées, des vomissements, de la diarrhée et une faible fièvre, qui durent d'un à trois jours. Les norovirus sont à l'origine de nombreuses éclosions dans les collectivités et les établissements, l'infection aux norovirus survenant principalement durant les mois d'hiver. L'infection est spontanément résolutive, bien qu'une faible proportion de patients doivent être hospitalisés pour déshydratation (Heymann, 2015). Le virus de l'hépatite A cause une infection du foie qui se manifeste par de la fièvre, des nausées, des douleurs abdominales et la jaunisse. La plupart des gens guérissent sans traitement, mais les adultes peuvent être atteints d'une maladie hépatique chronique qui est une forme plus grave de l'infection et 1 à 2 % des cas sont mortels (Heymann, 2015). La contamination par ces agents pathogènes est possible par consommation d'aliments manipulés par une personne infectée ou par contact direct avec les eaux d'égout résidentielles.

*Vibrio* regroupe les espèces de bactéries les plus courantes mettant en danger la santé humaine au Canada après la consommation de poissons ainsi que de mollusques et de crustacés contaminés (voir la section 7.3.4 Sécurité de l'eau et société). Cependant, des bactéries autres celles des espèces de *Vibrio* se trouvent parfois dans les poissons ainsi que les mollusques et crustacés et ont causé des éclosions de maladies (Burkhardt et Calci, 2000; Feldhusen, 2000; DePaola et coll., 2010). *Salmonella* est la cause la plus fréquente d'une telle contamination bactérienne au Canada, bien que, à l'occasion, *Escherichia coli*, *Campylobacter* et *Shigella* aient contaminé des poissons ou des mollusques et crustacés. Ces bactéries sont introduites dans le milieu marin par la présence de matières fécales animales ou humaines ou pendant le processus de transformation. Le ruissellement des terres agricoles est une autre source possible de contamination marine et d'éclosions de maladies, bien que ce soit rare. Bien que *Vibrio cholerae* soit une bactérie présente naturellement dans le milieu marin, le risque de maladie est accru dans les endroits où les eaux usées ne sont pas contrôlées.

Les mollusques et crustacés sont généralement contaminés par contact direct avec les eaux d'égout résidentielles (Campos et Lees, 2014). La fréquence accrue des événements de précipitations extrêmes attribuable au climat peut entraîner la hausse du nombre de rejets d'eaux usées, en particulier dans le cas des réseaux d'assainissement mixtes. Les débordements se produisent lorsque des eaux d'égout brutes pénètrent dans l'environnement en cas de rejet accidentel ou prévu d'un réseau d'égout municipal, d'un collecteur d'eaux pluviales ou d'une fosse septique ou d'infiltration à partir d'une conduite d'égout endommagée (Cook et coll., 2009; Miller et coll., 2018). De nombreuses éclosions de maladies liées aux mollusques et crustacés ont été signalées en association avec des débordements (Maalouf et coll., 2010). Certaines études ont établi un lien entre les chutes de pluie abondantes et les débordements, la contamination des huîtres et les éclosions d'infection aux norovirus au Canada (Doyle et coll., 2004; CBC, 2012). Les précipitations de pluie extrêmes diminuent également la salinité de l'eau de mer, ce qui favorise la survie des norovirus (Wang & Deng, 2016).

#### 7.3.2.4 Efflorescences phytoplanctoniques et algales

Le phytoplancton est constitué d'organismes microscopiques présents dans les eaux douces et marines et est sensible au climat. Les deux formes courantes de phytoplancton sont les algues et les cyanobactéries (Zimmerman, 2015). La croissance du phytoplancton est déterminée par la température, la lumière, le déversement d'eau douce, la salinité, la remontée des eaux et la disponibilité des éléments nutritifs (Moore et



coll., 2008; Finnis et coll., 2017; Vandersea et coll., 2018). Les changements climatiques créent des conditions favorables à la prolifération d'algues et de cyanobactéries dans les océans et les eaux douces à l'échelle mondiale. Il existe de plus en plus de rapports sur les efflorescences algales dans les lacs du Canada (Pick, 2016). Certaines espèces de cyanobactéries d'eau douce produisent des toxines (cyanotoxines) qui sont nuisibles à la santé humaine. En cas d'ingestion, elles causent des effets toxiques sur le foie, la peau et le système nerveux (Hilborn & Beasley, 2015). Les cyanobactéries ne doivent pas être confondues avec les algues marines toxiques qui contaminent les mollusques et crustacés et causent des troubles gastro-intestinaux et neurologiques. Elles sont toutefois généralement regroupées sous l'appellation « efflorescences algales nuisibles » (EAN) (Carmichael & Boyer, 2016).

Le phytoplancton présent dans les eaux océaniques produit des biotoxines marines. Celles-ci s'accumulent dans les mollusques et les crustacés ainsi que les poissons qui, s'ils sont consommés crus ou cuits, peuvent causer des maladies humaines. Trois groupes de toxines préoccupants ont été trouvés au large des côtes canadiennes du Pacifique et de l'Atlantique, lesquels peuvent s'accumuler dans les mollusques et les crustacés ainsi que les mollusques bivalves. D'autres biotoxines marines, comme la ciguatoxine, sont présentes dans les eaux tropicales; les poissons importés au Canada peuvent en contenir (Visciano et coll., 2016).

L'intoxication diarrhéique par les mollusques (IDM), qui est caractérisée par des nausées, des vomissements et de la diarrhée, peut durer d'un à trois jours et est causée par une toxine (notamment du groupe de l'acide okadaïque) produite par plusieurs espèces de *Dinophysis* et de *Prorocentrum* (Taylor et coll., 2013a). Les saxitoxines regroupent plus de 30 toxines et dérivés produits principalement par les espèces d'*Alexandrium*, qui provoquent une intoxication paralysante par les mollusques (IPM). Cette maladie se caractérise par une diarrhée, un engourdissement, des picotements, la paralysie de la bouche et des extrémités, des maux de tête ainsi que des difficultés à marcher et à avaler, et peut également être mortelle (Alexander et al., 2009; Etheridge, 2010). L'acide domoïque, qui est produit par des diatomées appelées *Pseudo-nitzschia*, provoque une intoxication amnésique par les mollusques (IAM) caractérisée par de la diarrhée, des maux de tête, des étourdissements, de la confusion, une perte de mémoire de courte durée ou permanente et des convulsions. L'infection peut aussi être mortelle (Perl et coll., 1990; Grattan et coll., 2018).

La première éclosion d'IAM signalée a été associée à la consommation de moules provenant des eaux atlantiques de l'Amérique du Nord en 1987 (Perl et coll., 1990). En 2011, une éclosion d'IDM a été associée à la consommation de moules de la Colombie-Britannique (Taylor et coll., 2013a). Des cas d'IPM sont régulièrement signalés en Colombie-Britannique et dans les provinces de l'Atlantique (Prakash et coll., 1971; Finnis et coll., 2017). Sur la côte américaine du Pacifique, l'acide domoïque a été trouvé dans des aliments marins traditionnels comme les manches de couteaux (Grattan et coll., 2018). Aux fins d'innocuité alimentaire, la Food and Drug Administration des États-Unis a fixé à 20 parties par million la valeur limite réglementaire d'acide domoïque permise dans les mollusques et les crustacés destinés à la consommation humaine. Cependant, une étude menée auprès de peuples autochtones côtiers de l'État de Washington, qui consommaient des palourdes, a mis en évidence des troubles de mémoire et de rappel associés à des expositions répétées à des concentrations d'acide domoïque inférieures à 20 ppm (Grattan et coll., 2018). Aux fins d'innocuité alimentaire, Santé Canada a également établi des valeurs limites réglementaires pour divers contaminants, certaines faisant actuellement l'objet d'un examen. À l'heure actuelle, Santé Canada (2020) a établi la valeur limite :

- d'acide domoïque à 20 mg/kg dans les mollusques et les crustacés destinés à la consommation humaine;
- de toxines diarrhéiques à 0,2 mg/kg dans les tissus comestibles des mollusques et des crustacés destinés à la consommation humaine;
- de toxines paralysantes des mollusques à 0,8 mg/kg dans les tissus comestibles des mollusques et des crustacés destinés à la consommation humaine.

La température et la charge en éléments nutritifs sont des déterminants majeurs des EAN qui sont influencées par la température des sources d'eau douce (CMI, 2017) et des océans et les précipitations extrêmes qu'ils reçoivent, bien que peu d'études aient évalué le lien direct entre les changements climatiques et les biotoxines marines. Gobler et coll. (2017) ont montré que, de 1982 à 2016, la hausse des températures océaniques a entraîné une augmentation de la durée de la période de prolifération d'*Alexandrium* et de *Dinophysis* et de leur taux de croissance. D'autres chercheurs ont prévu une fréquence accrue des efflorescences algales comme conséquence des modifications que subissent les écosystèmes marins à cause des changements climatiques, plus particulièrement le réchauffement des températures océaniques au Canada (Glibert et coll., 2014; Moore et coll., 2015; Pêches et Océans Canada [MPO], 2020).

Un nombre croissant d'éclosions de maladies causées par des EAN marines et des biotoxines sont signalées dans le monde entier. Cela s'explique probablement à la fois par les changements climatiques, la charge accrue en éléments nutritifs dans les eaux côtières, une plus grande sensibilisation et une meilleure capacité de diagnostic (Botana, 2016; Gobler et coll., 2017). Les EAN et les éclosions de maladies connexes sont signalées dans des zones géographiques nouvelles ou plus vastes. Des éclosions d'IDM sont signalées dans de nouvelles régions de l'Amérique du Nord et de l'Europe, et des cas ont été rapportés en Colombie-Britannique, en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve-et-Labrador (Todd, 1997; Deeds et coll., 2010; Taylor et coll., 2013a; Gobler et coll., 2017). Des cas d'IPM ont été signalés dans de nouvelles régions comme l'Islande (Gobler et coll., 2017), et les planctons producteurs de saxitoxines sont maintenant présents dans d'autres régions de l'Arctique comme l'Alaska (Anderson et coll., 2019). Les ciguatoxines se propagent vers le nord et le sud, et on en trouve maintenant dans les îles Canaries, en Crète, à Madère et dans le sud de l'Australie (Botana, 2016).

Les EAN et les éclosions de maladies connexes sont habituellement plus fréquentes pendant les mois d'été lorsque la température est plus élevée et que la durée d'ensoleillement est plus longue (Moore et coll., 2008). Les changements climatiques augmentent les températures des océans et des sources d'eau douce, ce qui pourrait accroître l'aire de répartition ainsi que la période et le taux de croissance de certains phytoplanctons (Moore et coll., 2008; Gobler et coll., 2017). Bien que certaines EAN soient présentes naturellement, d'autres sont causées par d'importants apports en azote et en phosphore d'origine humaine (p. ex., provenant d'engrais chimiques ou d'engrais agricoles à base de fumier). Ces éléments nutritifs se retrouvent dans les cours d'eau adjacents aux terres agricoles, ce qui entraîne une croissance explosive des EAN, en particulier après un printemps sec suivi d'une période chaude prolongée (Pick, 2016). Ce phénomène a été observé, par exemple, dans des eaux douces de la Colombie-Britannique à la suite des premières fortes pluies d'automne (Galanis et coll., 2014). Les efflorescences de cyanobactéries se produisent le plus souvent dans des eaux chaudes riches en éléments nutritifs où le mélange des couches d'eau est faible (Hilborn & Beasley, 2015). Outre les conditions plus propices en raison du réchauffement des eaux, le ruissellement de surface plus important associé aux événements de précipitations extrêmes peut entraîner le déplacement d'agents

pathogènes biologiques, tel qu'il en a été fait mention précédemment, et introduire des éléments nutritifs dans les sources d'eau, favorisant ainsi la croissance des algues (Delpla et al., 2009). Des efflorescences de cyanobactéries se forment souvent sur le lac Érié, le moins profond des Grands Lacs, tandis que ce phénomène est moins fréquent dans les autres Grands Lacs (Carmichael & Boyer, 2016). La fréquence des EAN a augmenté partout au Canada au cours des dernières décennies (MPO, 2020).

L'efficacité des méthodes de traitement de l'eau contre les cyanotoxines varie de 60 % à 99,9 % (Zamyadi et al., 2013). L'efficacité des méthodes de traitement varie parce que chaque espèce de cyanobactéries réagit différemment à celles-ci. Une surveillance et l'identification précise des espèces en cause sont des éléments importants du processus de traitement. Cependant, une analyse coûteuse en temps s'avère souvent nécessaire par des personnes hautement qualifiées. Le séquençage génétique de prochaine génération est actuellement envisagé comme solution de rechange à l'identification et au dépistage des cyanobactéries (Zamyadi et al., 2019), ce qui pourrait réduire les obstacles à une surveillance accrue. Dans les régions où le débit des lacs et des cours d'eau est susceptible de diminuer pendant les mois d'été, les éléments nutritifs peuvent être présents en plus fortes concentrations. La hausse des températures de l'eau qui résulte de ce faible débit favorisera davantage la croissance bactérienne.

Le réchauffement peut également entraîner la croissance du plancton toxigène capable de survivre dans des environnements contenant de faibles concentrations d'éléments nutritifs, ce qui entraîne un risque accru d'IAM dans les eaux plus chaudes (McCabe et coll., 2016). Les dépôts de cendres présents dans les zones d'un bassin versant ayant récemment été brûlées par un feu de forêt peuvent expliquer la charge accrue en éléments nutritifs dans une source d'eau (Emelko et coll., 2011; Emelko et coll., 2016) et accroître le risque d'efflorescences algales, du moins en eau douce (Martin, 2016). On ignore si les charges en éléments nutritifs associées aux feux de forêt ont des impacts sur les eaux côtières. Toutefois, étant donné que la disponibilité des éléments nutritifs est un déterminant clé de la croissance du phytoplancton, il s'agit d'un scénario réaliste (Sundarambal et coll., 2010; Morrison et Kolden, 2015). Le nombre de feux de forêt au Canada est en augmentation, ce qui souligne l'importance de cette source d'éléments nutritifs (Wang et coll., 2015). Des études plus approfondies doivent examiner le lien entre les feux de forêt, la charge en éléments nutritifs, les efflorescences algales et la santé humaine (Wang et coll., 2015; Wotton et coll., 2017; Hallema et coll., 2018).

### 7.3.3 Quantité d'eau

Bien que la demande en eau dans de nombreuses collectivités canadiennes augmente en raison de la croissance démographique, de l'industrie et des besoins agricoles, les changements climatiques ont réduit la disponibilité de l'eau, les régions les plus vulnérables étant le sud de l'Ontario, le sud des Prairies et l'Intérieur sud de Colombie-Britannique (Andrey et coll., 2014). Les changements climatiques continueront d'entraîner des réductions de la quantité d'eau dans l'ensemble du Canada, mais pourraient aussi parfois entraîner des augmentations; dans certains cas, les deux phénomènes peuvent se produire au même endroit, mais à des moments différents (Bush & Lemmen, 2019). Les collectivités autochtones, souvent situées dans des zones de faible élévation susceptibles d'être inondées, sont particulièrement vulnérables à ces fluctuations (Services aux Autochtones Canada [SAC], 2020b; Thistlethwaite et coll., 2020). Au Canada, les précipitations annuelles moyennes ont augmenté en moyenne, les plus fortes augmentations en pourcentage étant enregistrées dans les latitudes dans le nord du Canada (Bush & Lemmen, 2019). Les précipitations

normalisées (précipitations exprimées en pourcentage) ont, en moyenne, augmenté de 20 % dans l'ensemble du Canada de 1948 à 2012 (Vincent et al., 2015). Bien que les précipitations absolues soient généralement plus faibles dans le Nord canadien, les précipitations dans cette région ont augmenté de 30 % de 1948 à 2012 (Vincent et al., 2015). Toutefois, en raison du petit nombre de stations météorologiques et du manque de données qui en résulte, cette estimation doit être interprétée avec prudence. Des augmentations plus faibles des précipitations normalisées ont été observées dans certaines régions du sud du Canada. De plus, certaines différences saisonnières ont été constatées. Par exemple, dans le nord du Canada, les précipitations ont augmenté durant les quatre saisons tandis que, dans le sud du Canada, bien que les précipitations aient été plus importantes durant la plupart des saisons, ces augmentations étaient rarement statistiquement significatives (Bush et Lemmen, 2019).

En raison du nombre limité de données disponibles, nous ne connaissons que les tendances des précipitations à long terme (depuis plus de 100 ans) dans le sud du Canada. Depuis 1900, une augmentation de 5 % des précipitations a été observée dans le sud du Canada tandis que le rapport entre les chutes de neige et les précipitations totales a diminué; cette tendance est plus prononcée au printemps et à l'automne (Vincent et al., 2015). Ces changements des précipitations sous forme de pluie plutôt que de neige se sont traduits par des fontes printanières plus précoces et une augmentation du débit des cours d'eau dans de nombreuses régions (Vincent et al., 2015).

### 7.3.3.1 Sécheresse

Par sécheresse, on entend « une période prolongée de temps anormalement sec qui épuise les ressources en eau destinées à répondre aux besoins humains et environnementaux » (Yusa et coll., 2015, page 8360). La pénurie d'eau associée à la sécheresse est liée à des conditions hydrométéorologiques bien que d'autres facteurs, tels que les impacts des activités humaines sur les ressources en eau et la plus forte demande en eau, puissent aggraver les effets de la sécheresse (Yusa et al., 2015; Cook et al., 2017). L'impact le plus immédiat de la sécheresse se fait sentir sur la quantité d'eau disponible pour les humains et l'environnement, mais les problèmes liés à la quantité d'eau donnent lieu à des problèmes liés à la qualité de l'eau à mesure que la sécheresse persiste. En raison du plus faible débit des rivières, les sources ponctuelles de pollution pourraient avoir des impacts plus importants sur les systèmes écologiques, les collectivités et la santé. Les périodes de sécheresse suivies de précipitations augmentent le risque de maladies d'origine hydrique (Whitehead et al., 2009; Chhetri et al., 2017) (voir le chapitre 3 : Aléas naturels). Durant une période de sécheresse, les agents pathogènes peuvent s'accumuler dans l'environnement (p. ex., dans les zones riveraines), et, lorsque surviennent des précipitations, de grandes quantités de contaminants sont entraînées par ruissellement dans les sources d'eau (Whitehead et al., 2009). Une étude canadienne menée sur le risque de cryptosporidiose et de giardiase a révélé que le risque de ces maladies est accru à la suite de précipitations de pluie extrêmes – définies par des chutes de pluie dépassant le 90<sup>e</sup> centile des précipitations hebdomadaires moyennes – et que ce risque augmente davantage s'il n'y a eu aucune précipitation dans les 30 jours des 60 jours précédents (Chhetri et coll., 2017). De plus, la hausse des températures associées à la sécheresse peut accélérer la vitesse de nombreux processus chimiques, réduire la quantité d'oxygène dissous disponible pour la faune aquatique et influencer la croissance des micro-organismes (Cook et al., 2017). Tous ces facteurs engendrent une plus forte demande en eau traitée fournie par les SAEP municipaux et pourraient avoir des répercussions sur la santé humaine.

**Tableau 7.2 Impacts de la sécheresse sur la santé**

PRINCIPAUX IMPACTS	
Impact	Cause
<b>Maladies d'origine alimentaire ou hydrique</b>	<p>La diminution de la disponibilité de l'eau entraîne une plus forte concentration des agents pathogènes et la hausse des températures de l'eau engendrée par la diminution de la disponibilité de l'eau peut expliquer la prévalence des agents pathogènes</p> <p>Plus forte érosion et plus grande compaction du sol de sorte que les chutes de pluie entraînent un ruissellement plus important et, de ce fait, créent des sources de pollution ponctuelles et non ponctuelles</p>
<b>Maladies transmissibles par l'eau</b>	<p>Dans les collectivités côtières, intrusion possible d'eau salée dans les sources d'eau souterraine en cas de sécheresse ou de conditions induisant une pénurie d'eau, ce qui entraîne un risque d'hypertension (Naser et coll., 2019) et une diminution de l'eau disponible pour boire et se laver</p> <p>Fréquence accrue des EAN et des maladies causées par les toxines produites par les EAN</p> <p>Un accès restreint à un approvisionnement en eau a des conséquences sur l'hygiène, augmentant ainsi la prédisposition aux maladies</p> <p>Accès réduit à l'eau potable pouvant entraîner une déshydratation et une insuffisance du foie, des reins et d'autres organes après quelques jours ou une perte corporelle d'environ 10 %. En l'absence d'eau potable, une MGIA accompagnée d'une diarrhée grave peut évoluer en une forme plus grave de la maladie ou entraîner la mort en quelques heures seulement</p>
<b>Maladies infectieuses</b>	<p>Présence plus abondante de vecteurs porteurs de maladies (p. ex., moustiques) en raison des changements dans le comportement des espèces réservoirs, des impacts sur les prédateurs des moustiques et de la réduction du phénomène de lessivage des larves de moustiques dans les milieux urbains et suburbains (voir le chapitre 6 : Maladies infectieuses)</p> <p>Croissance accrue de champignons nuisibles, ce qui peut revêtir une importance croissante en raison de l'émergence d'une résistance antifongique (voir le chapitre 6 : Maladies infectieuses)</p>

PRINCIPAUX IMPACTS	
<b>Troubles respiratoires</b>	Fréquence accrue des tempêtes de poussière et concentration plus grande de matières particulaires fines dans l'air
IMPACTS SECONDAIRES	
Impact	Cause
<b>Malnutrition et sécurité alimentaire</b>	Réduction de la production agricole ou impacts économiques négatifs, réduisant la capacité des Canadiens et des Canadiennes, en particulier ceux à faible revenu, d'acheter des aliments nutritifs (voir le chapitre 8 : Salubrité et sécurité des aliments)
<b>Santé mentale</b>	Impacts sur les peuples autochtones qui dépendent parfois de sources d'eau temporaires pour combler leurs besoins physiques, culturels et spirituels ainsi que pour les travailleurs agricoles dont les familles et les moyens de subsistance peuvent être menacés (voir le chapitre 2 : Changements climatiques et santé des Autochtones du Canada et le chapitre 4 : Santé mentale et bien-être)
<b>Eaux récréatives – exposition et blessures</b>	<p>La plus grande utilisation de l'eau à des fins récréatives par temps chaud et sec augmente le risque d'exposition à de plus fortes concentrations d'agents pathogènes dans l'eau disponible, ce qui entraîne une hausse du nombre de maladies (p. ex., leptospirose, MGIA)</p> <p>Les faibles niveaux d'eau peuvent augmenter la probabilité de blessures dans les eaux récréatives (p. ex., blessures à la colonne vertébrale résultant d'une plongée ou d'un saut dans ces plans d'eau)</p>
<b>Troubles respiratoires</b>	Plus forte concentration de matières particulaires et d'allergènes dans l'air; la fumée des feux de forêt, en partie attribuable aux conditions de sécheresse, réduit la qualité de l'air (voir le chapitre 5 : Qualité de l'air)

Source : D'après Yusa et coll., 2015

Le tableau 7.2 présente les impacts possibles de la sécheresse sur la santé. Les impacts de la sécheresse peuvent être vastes et comprendre, par exemple, les répercussions sur la santé mentale à la dépendance à l'égard de l'agriculture non irriguée (Edwards et coll., 2015).

Les préoccupations quant aux effets de la sécheresse sur la sécurité de l'eau augmentent partout au Canada et dans le monde. D'après un scénario de fortes émissions de gaz à effet de serre (GES), on s'attend à ce que les températures extrêmes attribuables aux changements climatiques augmentent le risque de sécheresse au Canada à la fin du siècle, en particulier dans le sud des Prairies et l'intérieur de la Colombie-Britannique (Bush et Lemmen, 2019). Certaines villes canadiennes ont dû élaborer des plans de préparation à la sécheresse, notamment Tofino, une petite ville côtière touristique de la Colombie-Britannique, qui s'approvisionne en eau dans un lac voisin (Lloyd, 2017). Le bassin versant de Tofino n'étant jamais recouvert d'un manteau neigeux, il est donc entièrement dépendant des précipitations de pluie reçues pendant la saison des pluies pour combler ses besoins en eau durant les mois d'été (Lloyd, 2017). À l'été 2006, Tofino a été contraint d'appliquer de sévères restrictions liées à l'utilisation de l'eau, d'importer de l'eau potable et d'utiliser une source d'eau non potable de réserve pour permettre aux entreprises locales de continuer à fonctionner (Lloyd, 2017). Bien que les petits bassins versants insulaires soient naturellement exposés à un risque de sécheresse plus élevé, les collectivités dépendantes d'un aquifère peuvent également être exposées à ce risque. C'est le cas de Merritt, en Colombie-Britannique, où une collectivité vivant à l'intérieur des terres caractérisées par un climat chaud et aride dépend uniquement d'un aquifère qui s'épuise lentement (Lloyd, 2017). Ces réalités amènent certaines régions à évaluer les coûts de l'utilisation d'autres sources d'eau telles que l'eau de mer dessalée, l'eau potable recyclée, les transferts d'eau entre bassins et les sources d'eau décentralisées (Lam et al., 2017).

### 7.3.3.2 Débit des cours d'eau et fonte des neiges

Des corrélations ont été établies entre la contamination des sources d'eau par des agents pathogènes ainsi que la turbidité et le débit des cours d'eau, ce dernier facteur pouvant donc avoir une incidence sur la contamination de l'eau potable et le risque de MGIA (Lake et al., 2005; Jagai et al., 2012). Les débits élevés et faibles des cours d'eau ont été considérés comme des facteurs de risque de dégradation de la qualité de l'eau (Jalliffier-Verne et al., 2015). À mesure que les températures moyennes augmentent en raison des changements climatiques, on s'attend à ce que la fonte des neiges au printemps se produise plus tôt dans de nombreux endroits au Canada, ce qui entraînera une augmentation du débit des cours d'eau au printemps, laquelle pourrait être suivie d'une diminution du débit des cours d'eau tout au long de l'été (Bush & Lemmen, 2019). La fonte des neiges peut avoir une incidence sur les voies de transmission des MGIA de la même façon que les précipitations de pluie (Jagai et al., 2012), par exemple en entraînant une plus forte contamination des sources d'eau, en augmentant le risque d'inondation et en submergeant les systèmes de purification de l'eau (Chhetri et coll., 2017).

### 7.3.3.3 Précipitations extrêmes

Les changements dans les précipitations extrêmes (mesurées par période d'un jour ou moins) attribuables au réchauffement n'ont pas encore été observés dans les stations météorologiques canadiennes à l'échelle nationale, mais ont été constatés à des échelles beaucoup plus grandes à l'échelle mondiale où une plus grande quantité de données sont disponibles (Westra et al., 2013). Les tendances des précipitations extrêmes sont difficiles à observer à plus petite échelle en raison de la variabilité naturelle. Toutefois, Environnement et Changement climatique Canada prévoit avec un degré élevé de certitude que les événements quotidiens de précipitations extrêmes devraient augmenter au Canada, alors que les périodes de retour de ces événements,

c'est-à-dire l'intervalle entre les événements, devraient raccourcir (Bush & Lemmen, 2019). À l'échelle mondiale, l'augmentation médiane des précipitations extrêmes est d'environ 7 % par hausse de 1 °C de la température moyenne mondiale (Westra et coll., 2013). Les précipitations extrêmes peuvent nuire à la santé humaine en provoquant des inondations, en contaminant l'eau de source en raison du ruissellement, en mettant à l'épreuve la capacité des SAEP et en engendrant d'autres impacts (voir le chapitre 3 : Aléas naturels).

### 7.3.3.4 Inondations

Les inondations sont l'aléa naturel le plus fréquent et le plus coûteux à l'échelle mondiale (CRED & UNISDR, 2015; Henstra & Thistlethwaite, 2017) et au Canada (Kovacs et Sandink, 2013). On s'attend à ce que les changements climatiques augmentent la fréquence des inondations dans le monde (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2014). Au Canada, il y aura davantage de précipitations sous forme de pluie plutôt que de neige au cours des prochaines décennies (Bush & Lemmen, 2019), et les modèles climatiques régionaux ont prévu une augmentation des événements de pluie sur le manteau neigeux en Amérique du Nord (Il Jeong & Sushama, 2018). On ignore avec certitude les impacts combinés des températures chaudes et de la réduction du manteau neigeux sur les inondations dues à la fonte des neiges (Bush & Lemmen, 2019). Les inondations causées par le débit élevé des cours d'eau sont également complexes, ce qui rend difficile la prévision des changements dans la fréquence et l'intensité des inondations (Bush & Lemmen, 2019).

Bien que les changements climatiques n'augmentent peut-être pas les inondations dans toutes les régions du Canada, une augmentation générale du risque d'inondations est probable dans les zones urbaines où les tendances d'affectation des terres peuvent aggraver ce risque ainsi que dans les zones côtières où les inondations sont causées par l'augmentation du niveau de la mer (Bush et Lemmen, 2019). Au Canada, de nombreux barrages et digues sont sujets à des défaillances, et ce risque augmentera à mesure que la fréquence des précipitations de pluie extrêmes et des inondations augmentera à cause des changements climatiques (McClearn, 2020). Les dossiers concernant les 14 000 barrages du pays sont souvent peu détaillés, et la tenue de ces dossiers est mal réglementée (McClearn, 2020). Un rapport publié à la suite de la défaillance du barrage Gorie sur la rivière Maitland Nord, dans le sud-ouest de l'Ontario, survenue, en 2017, à la suite de fortes pluies, faisait remarquer que de nombreux barrages et déversoirs de l'Ontario « ont dépassé ou sont sur le point de dépasser leur durée utile prévue » (Greck and Associates Limited, 2018, page 5).

Au Canada, les inondations sont souvent causées par de fortes pluies ou la fonte rapide des neiges et de la glace en raison de la hausse rapide des températures au printemps. Dans ces conditions, le ruissellement de surface peut transporter des contaminants biologiques et chimiques des zones environnantes vers des sources d'eau de surface adjacentes ou des puits non protégés. Des contaminants peuvent s'infiltrer par un puits abandonné dans un aquifère alimentant d'autres puits adjacents correctement scellés. Les contaminants courants sont les bactéries, les virus et les parasites ou la pollution chimique provenant des réseaux d'évacuation des déchets industriels, agricoles ou résidentiels. Les inondations et une forte turbidité peuvent mettre à l'épreuve la capacité des systèmes de traitement de l'eau potable et des eaux usées et constituent un risque important pour la santé (Hrudey et al., 2003). À l'échelle mondiale, la fréquence des inondations dans les zones côtières et les estuaires fluviaux augmente en raison de l'augmentation du niveau de la mer et des ondes de tempête causées par des événements météorologiques extrêmes (GIEC, 2014; Kinney et coll., 2015).



**Tableau 7.3 Impacts des inondations sur la santé**

PRINCIPAUX IMPACTS	
Impact	Cause
Mortalité	Noyade ou traumatisme aigu (p. ex., causé par des débris ou l'effondrement d'un bâtiment) habituellement causé par un accident de la route ou des comportements à risque élevé dans des zones inondées (p. ex., baignade, surf)
Hypothermie	L'exposition aux eaux de crue provoque une baisse de la température corporelle centrale
Stress cardiovasculaire	Effort et stress associés à une inondation conduisant à l'hypertension artérielle, à une crise cardiaque et à un accident vasculaire cérébral
Blessures physiques	Contact direct avec les eaux de crue causant des lacérations, des irritations cutanées, des ecchymoses et une infection des plaies
Stress et effets sur la santé mentale	Réactions psychologiques négatives aux inondations, aux dommages connexes et aux situations d'urgence comme la dépression, l'anxiété et le trouble de stress post-traumatique; ces impacts peuvent être particulièrement graves pour les personnes qui doivent être évacuées en raison d'une inondation – il peut s'agir à la fois d'impacts principaux et secondaires d'une inondation
Infection	Aspiration d'eau dans les poumons provoquant un œdème pulmonaire, une irritation pulmonaire et une infection fongique
Blessures musculo-squelettiques	Un contact avec des débris d'origine hydrique, une tentative de s'échapper d'une structure effondrée, le fait de tomber d'une échelle et une tentative de sauver des personnes ou des biens peut causer une entorse, une foulure et d'autres types de blessures musculo-squelettiques



## IMPACTS SECONDAIRES

Impact	Cause
Électrocution	Contact avec un câble, une ligne, un circuit ou de l'équipement électrique tombé dans une eau dormante
Brûlures et blessures causées par une explosion	Mauvais fonctionnement d'une conduite d'alimentation en propane ou en gaz naturel, d'un réservoir de propane ou de gaz naturel, d'une ligne électrique ou d'un réservoir de stockage de produits chimiques; émission de gaz toxiques; embarcations de sauvetage entrant en contact avec une ligne électrique provoquant alors un incendie, des brûlures chimiques ou des brûlures causées par une explosion
Maladies à transmission vectorielle	La formation de flaques d'eau stagnante peut favoriser la reproduction des moustiques et entraîner une augmentation connexe des maladies transmises par les moustiques
Impacts sur le système de santé	Perturbation ou diminution de la disponibilité des services médicaux d'urgence et des soins continus à cause des dommages causés à l'infrastructure sanitaire; diminution de la capacité de fournir des soins ou d'y accéder; déplacement des patients et du personnel; surveillance réduite des maladies, des blessures ou de l'exposition du personnel de la santé aux produits toxiques; perte de dossiers médicaux; et perte de médicaments ou d'instruments médicaux ou défectuosité de ces instruments
Santé mentale	Réactions psychologiques négatives aux inondations, aux dommages connexes et aux situations d'urgence comme la dépression, l'anxiété et le trouble de stress post-traumatique; ces impacts peuvent être particulièrement graves pour les personnes qui doivent être évacuées en raison d'une inondation – il peut s'agir à la fois d'impacts principaux et secondaires d'une inondation
Empoisonnement au monoxyde de carbone	Impacts sur la santé associés à l'utilisation inappropriée d'appareils de cuisson non ventilés (p. ex., barbecues), de nettoyeurs haute pression et de génératrices à gaz
Brûlures et inhalation de fumée	Incendie d'une résidence causé par l'utilisation d'une chandelle en raison d'une panne de courant souvent associée à une inondation

## IMPACTS SECONDAIRES

<b>Déshydratation</b>	Exposition des populations vulnérables à des facteurs de stress environnementaux dans les jours suivant l'inondation entraînant un épuisement par la chaleur, un coup de chaleur, une crise cardiaque ou un accident vasculaire cérébral
<b>Maladies d'origine hydrique et alimentaire</b>	Contamination des aliments et de l'eau en raison des débordements d'égouts sanitaires, inondation des zones agricoles; transport de sédiments, d'engrais et de pesticides dans les cours d'eau; fuite de matières toxiques provenant de sites industriels dans les cours d'eau  Les risques pour la santé comprennent les troubles gastro-intestinaux ainsi que les maladies infectieuses comme celles causées par Legionella pneumophila, les norovirus, les rotavirus et les virus de l'hépatite A et C
<b>Troubles respiratoires</b>	Contaminants atmosphériques provenant de moisissures, de bactéries et d'autres champignons présents sur des structures humides

Source : D'après Berry et coll., 2014a

Les risques pour la santé liés aux inondations peuvent inclure la mortalité directement causée par les inondations comme la noyade (Lowe et al., 2013), l'hypothermie (Lowe et al., 2013), les blessures telles que les fractures (Doocy et al., 2013), les maladies gastro-intestinales (Vollaard et al., 2004), les maladies zoonotiques telles que l'ankylostome (Kovats & Akhtar, 2008), les maladies à transmission vectorielle (Ahern et al., 2005), les troubles respiratoires causés par l'exposition aux contaminants biologiques à la suite d'une inondation (Hulin et al., 2012) (voir le chapitre 5 : Qualité de l'air), les impacts sur la santé mentale (Azuma et al., 2014) et les troubles touchant les enfants tels que l'obésité infantile (Dancause et al., 2013). Les risques pour la santé liés aux inondations sont également abordés au chapitre 3 : Aléas naturels, au chapitre 4 : Santé mentale et bien-être, et au chapitre 6 : Maladies infectieuses. Le tableau 7.3 fournit de l'information sur les impacts principaux et secondaires des inondations sur la santé. Bon nombre des impacts peuvent être évités ou atténués grâce à des mises en garde et à une préparation adéquates ainsi qu'au respect des mesures de sécurité élémentaires relatives à la conduite automobile, à l'utilisation de carburants combustibles dans des espaces fermés, à l'utilisation et à la gestion de l'infrastructure et de l'équipement électriques ainsi qu'à la gestion et à la surveillance adéquates des systèmes d'approvisionnement et de traitement de l'eau potable.

### 7.3.3.5 Augmentation prévue du niveau de la mer

L'augmentation du niveau de la mer provoque des inondations et l'érosion côtière, et il est important d'en

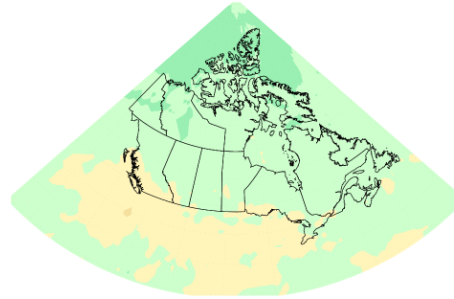
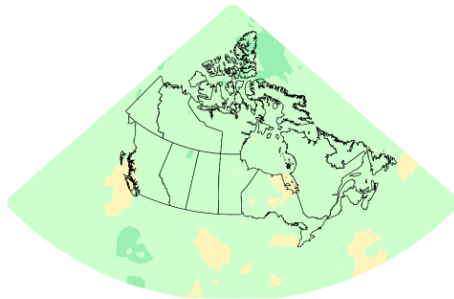
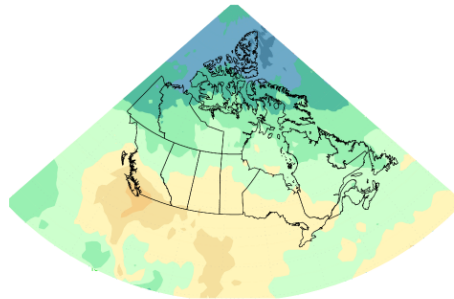
tenir compte lorsqu'il s'agit de planifier et d'assurer l'entretien des infrastructures ainsi que de veiller à la protection de la santé humaine et des écosystèmes (voir le chapitre 3 : Aléas naturels). Puisque l'eau chaude se dilate, le niveau de la mer s'élève proportionnellement à la quantité de chaleur atmosphérique absorbée par les océans. Le niveau de la mer à l'échelle mondiale pourrait augmenter de jusqu'à un mètre d'ici 2100 (Bush & Lemmen, 2019). Cependant, comme les masses terrestres se déplacent lentement à la verticale en raison du soulèvement et de l'affaissement du sol, l'augmentation relative du niveau de la mer par rapport à la terre est variable. Au Canada, d'ici 2100, le niveau de la mer variera de -0,9 mètre à 1 mètre (Bush & Lemmen, 2019). On prévoit que les côtes canadiennes de l'Arctique et de l'Atlantique subiront des ondes de tempête plus fortes, ce qui causera d'autres inondations côtières dans certaines régions. Les ondes de tempête et l'augmentation du niveau de la mer pourraient exercer des pressions supplémentaires sur les infrastructures d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées situées le long des côtes, en plus d'entraîner une intrusion d'eau salée dans les aquifères côtiers, ce qui se produit déjà dans certaines régions du Canada, comme les îles Gulf, en Colombie-Britannique (Klassen & Allen, 2017).

### 7.3.3.6 Prévisions relatives aux précipitations

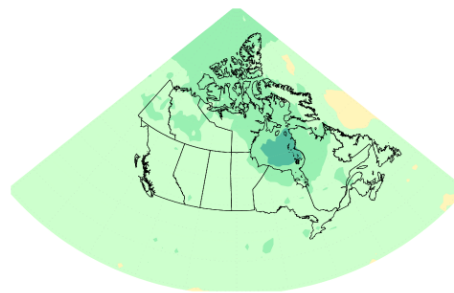
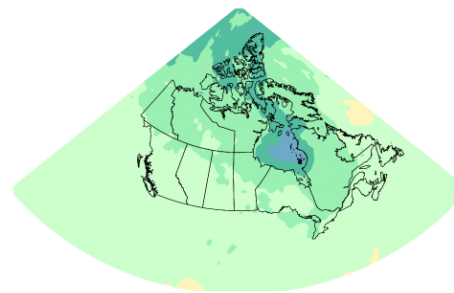
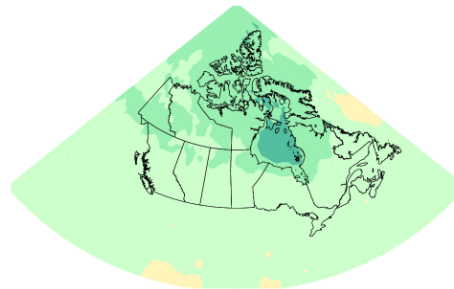
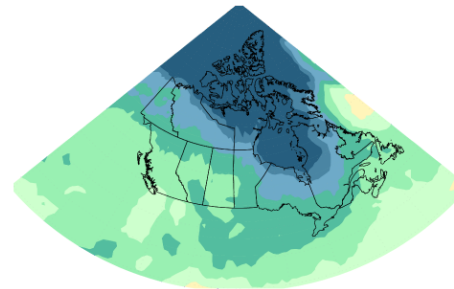
Les précipitations moyennes au Canada devraient augmenter ou diminuer selon les saisons et les régions (figure 7.2). D'ici le milieu du siècle, selon le scénario d'émissions de GES envisagé, l'ensemble du Canada devrait connaître une augmentation d'environ 5,5 % à 7 % des précipitations moyennes, et ce, à chaque saison. Selon un scénario de fortes émissions (profils représentatifs d'évolution de concentration [RCP] 8.5), d'ici l'an 2100, cette augmentation prévue atteindra 24 % alors que, dans certaines régions de l'Arctique, elle équivalra à plus de 30 %. Selon un scénario de faibles émissions (RCP 2.6), une augmentation de 7 % est prévue à l'échelle nationale (Zhang et al., 2019).

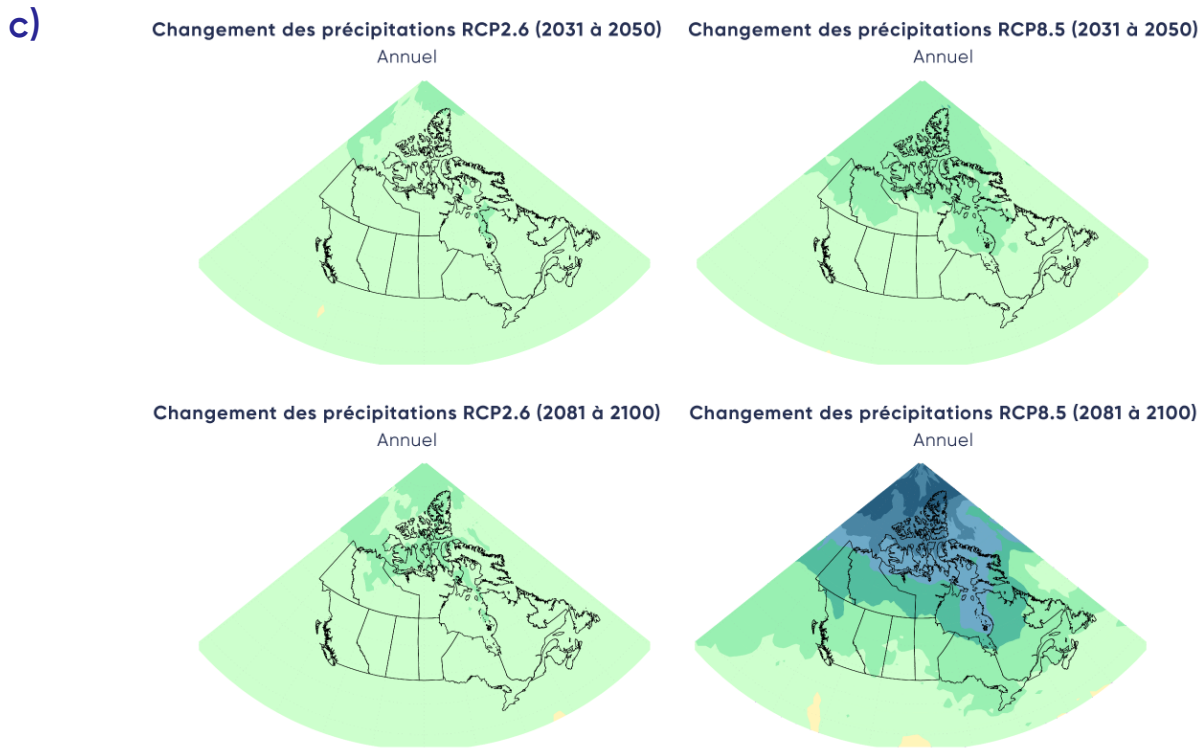
Toutefois, selon un scénario de fortes émissions (RCP 8.5), les précipitations devraient diminuer dans certaines régions du sud du Canada pendant les mois d'été alors que des diminutions beaucoup plus faibles sont prévues durant l'été selon un scénario de faibles émissions (RCP 2.6). Des diminutions des précipitations moyennes d'environ 30 % sont prévues pour le sud-ouest de la Colombie-Britannique pendant l'été selon un scénario de fortes émissions (Zhang et coll., 2019).

a)

Changement des précipitations RCP2.6 (2031 à 2050)  
juin à aoûtChangement des précipitations RCP8.5 (2031 à 2050)  
juin à aoûtChangement des précipitations RCP2.6 (2081 à 2100)  
juin à aoûtChangement des précipitations RCP8.5 (2081 à 2100)  
juin à août

b)

Changement des précipitations RCP2.6 (2031 à 2050)  
décembre à févrierChangement des précipitations RCP8.5 (2031 à 2050)  
décembre à févrierChangement des précipitations RCP2.6 (2081 à 2100)  
décembre à févrierChangement des précipitations RCP8.5 (2081 à 2100)  
décembre à février



**Figure 7.2** Changements prévus des précipitations en été (A), en hiver (B) et tout au long de l'année (C) selon deux scénarios d'émissions (RCP 2.6 et RCP 8.5) d'ici le milieu et la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. Source : Zhang et coll., 2019.

### 7.3.3.7 Prévisions relatives aux précipitations extrêmes

Dans l'ensemble, on s'attend à ce que le Canada connaisse une augmentation des précipitations au cours des 80 prochaines années et que leur intensité augmente à l'automne, à l'hiver et au printemps. La fréquence des événements de précipitations extrêmes est susceptible d'augmenter dans l'ensemble du Canada, et leur intensité devrait augmenter proportionnellement à l'ampleur du réchauffement. Par exemple, selon un scénario de fortes émissions (RCP 8.5), on prévoit qu'un événement de précipitations extrêmes d'une durée de 24 heures ne se produisant qu'une fois tous les 20 ans surviendra, en moyenne, une fois tous les 10 ans entre 2031 et 2050 et une fois tous les 5 ans à compter de 2100 (c.-à-d. fréquence 4 fois plus élevée), et ce, dans l'ensemble du Canada (Zhang et coll., 2019). Selon un scénario de faibles émissions (RCP 2.6), on prévoit qu'un événement de précipitations extrêmes d'une durée de 24 heures ne se produisant qu'une fois tous les 20 ans surviendra une fois tous les 15 ans entre 2031 et 2050 et que la fréquence d'un tel événement augmentera légèrement dans la seconde moitié du siècle. Il est important de faire remarquer que l'on prévoit des changements plus importants dans la fréquence des événements encore plus rares. Par exemple, un événement de précipitations extrêmes d'une durée de 24 heures ne se produisant qu'une fois tous les 50 ans devrait survenir tous les 10 ans à compter de 2100 selon un scénario de fortes émissions (c.-à-d. fréquence 5 fois plus élevée) (Zhang et coll., 2019).

### 7.3.3.8 Prévisions relatives à la disponibilité et à la rareté de l'eau douce

Aux fins du *Rapport sur le climat changeant du Canada*, on a analysé les publications accessibles sur les changements observés et prévus dans la cryosphère du Canada (neige, glace et pergélisol) (Derksen et coll., 2019), y compris les impacts qui en résultent sur la disponibilité de l'eau douce (Bonsal et coll., 2019). Des changements dans la saisonnalité du débit des cours d'eau attribuables au climat ont déjà été observés au Canada : par exemple, une crue printanière plus précoce en raison de la fonte des neiges plus hâtive au printemps, des débits de cours d'eau plus forts en hiver et, dans de nombreuses régions, des débits de cours d'eau plus faibles en été (Bonsal et coll., 2019). En raison du manque d'observations (en particulier dans le Nord canadien), les tendances décelées en ce qui concerne de nombreuses variables liées à l'eau douce doivent être interprétées avec prudence, mais les mesures disponibles indiquent que le débit annuel des cours d'eau, le niveau des eaux de surface et des eaux souterraines peu profondes, les sécheresses et l'humidité du sol ont été très variables au cours des 30 à 100 dernières années et n'ont pas montré de tendances à la hausse ou à la baisse liées aux changements climatiques (Bonsal et coll., 2019).

On s'attend à ce que la hausse des températures réduise la proportion des précipitations totales tombant sous forme de neige, une réduction qui sera accompagnée d'une augmentation des précipitations sous forme de pluie, en particulier au printemps et à l'automne (Zhang et al., 2019). Ce changement aura des impacts directs sur le régime de débit de nombreux cours d'eau à l'échelle du pays. Par exemple, les cours d'eau du plus grand bassin versant de l'océan Pacifique canadien, le bassin du fleuve Fraser, qui sont principalement alimentés par la fonte des neiges au printemps (régime nival) seront plutôt alimentés par des chutes de pluie (régime pluvial) (Curry et al., 2019). Des études plus approfondies seront nécessaires pour comprendre les répercussions de ces changements sur les pêches et les autres utilisations humaines du bassin versant, y compris celles qui ont un impact sur la santé (p. ex., l'infrastructure d'approvisionnement en eau potable, la quantité d'eau douce et la qualité de l'eau douce).

Les changements continus que subit le manteau neigeux à l'échelle canadienne en raison du réchauffement climatique (Mudryk et coll., 2018; Derksen et coll., 2019) se traduiront par des changements dans le débit des cours d'eau, la saisonnalité du débit et la disponibilité de l'eau douce qui en résulte. À ce jour, les diminutions de la masse des glaciers de montagne, qui ont été observées, ont eu des impacts limités sur la disponibilité de l'eau douce. Cependant, les modèles climatiques prévoient que la masse des glaciers pourrait diminuer de 85 % dans l'Ouest canadien d'ici 2100 selon un scénario d'émissions modérées (Derksen et coll., 2019). Au cours des prochaines décennies, les rivières alimentées par les glaciers connaîtront des périodes de plus grand déversement d'eau douce en été en raison de l'apport plus important en eau de fonte glaciaire, mais il s'agit d'un effet à court terme de la glace fondante, qui ne durera pas une fois que la masse de glace diminuera au-delà d'un niveau critique. La vitesse à laquelle ce changement se produira et le moment où il se produira auront des conséquences importantes sur la qualité et la température de l'eau des ruisseaux et des rivières ainsi que sur la disponibilité de l'eau à des fins humaines comme la production d'hydroélectricité et l'agriculture (Derksen et coll., 2019). Le réchauffement et le dégel du pergélisol se traduiront par des changements, qui ne sont pas encore entièrement compris, dans l'hydrologie de surface, y compris l'humidification ou l'assèchement des terres variant selon les régions, des changements dans la quantité d'eau douce et la qualité de l'eau douce et des changements du paysage en raison de l'affaissement du sol et de la formation de thermokarsts. Selon un scénario de fortes émissions, vers la fin du siècle, le niveau d'eau des marécages et des lacs devrait être plus bas que le niveau actuel dans de nombreuses régions en raison

de la hausse des températures et de l'évaporation. On ignore la mesure dans laquelle l'augmentation des précipitations compensera la baisse du niveau des eaux de surface (Bonsal et al., 2019).

Le débit annuel des cours d'eau devrait diminuer dans certaines régions intérieures du sud du Canada, tandis qu'il augmentera dans d'autres (principalement dans les régions du Nord). Dans certaines régions où l'on prévoit que l'augmentation de l'évapotranspiration surpasse l'augmentation des précipitations, il y a un risque accru de sécheresse et de diminution de l'humidité du sol (comme dans le sud des Prairies et l'intérieur de la Colombie-Britannique). Ce risque est plus élevé lorsque le réchauffement climatique est plus important (Bonsal et al., 2019).

En raison du lien étroit entre la température de surface et l'alimentation des eaux souterraines, les changements prévus de la température et des précipitations devraient influencer sur les niveaux futurs des eaux souterraines. Cependant, compte tenu de la complexité des systèmes d'eaux souterraines et du manque d'information, l'ampleur et même la direction du changement ne sont pas claires (Bonsal et coll., 2019). Par exemple, l'une des principales difficultés de l'étude des impacts des changements climatiques sur les eaux souterraines est de distinguer les effets des changements climatiques de ceux dus aux changements d'utilisation des terres, comme l'agriculture. L'irrigation agricole à partir de sources d'eaux souterraines a le potentiel d'épuiser les aquifères, en particulier dans les environnements arides (Taylor et al., 2013b). Des recherches supplémentaires sont nécessaires sur les tendances relatives aux eaux souterraines et les impacts potentiels des changements climatiques, en particulier dans les régions qui dépendent des eaux souterraines pour l'eau potable et l'irrigation.

L'humidité du sol fait référence à l'eau emmagasinée dans la couche supérieure non saturée du sol. Il s'agit d'une composante importante de l'équilibre entre le sol, l'énergie et l'eau qui compromet la production agricole. L'humidité du sol est utilisée dans des rétroactions complexes avec la température et les précipitations. Elle a une incidence directe sur la transpiration des plantes, qui est la principale composante de l'évapotranspiration totale des terres (Seneviratne et al., 2010). Par conséquent, dans certaines régions où l'humidité du sol devient limitée, l'évapotranspiration peut diminuer et peut entraîner une réduction des précipitations (Seneviratne et al., 2010). La réduction de l'humidité du sol peut également augmenter la température de l'air à proximité de la surface en limitant la quantité d'énergie utilisée par le flux de chaleur latente, un processus qui a été défini comme un facteur contribuant aux événements de chaleur extrême (Seneviratne et al., 2010), qui ont des impacts importants sur la santé humaine (voir le chapitre 3 : Aléas naturels).

Les collectivités autochtones sont parmi celles qui sont touchées de manière disproportionnée par la diminution des précipitations et les effets qui en découlent sur les sources d'eau. Par exemple, les collectivités le long du fleuve Yukon ont signalé des changements dans les ressources traditionnelles en eau potable, ce qui a également eu des répercussions sur leurs activités de subsistance. À Pond Inlet, au Nunavut, des membres de la collectivité ont fait part de préoccupations au sujet de la qualité de l'eau en raison des changements observés dans le goût et la couleur de l'eau pendant l'été (Services aux Autochtones Canada, 2019).

Le bassin du Fraser, dans le nord de la Colombie-Britannique, passe d'un système caractérisé par une prédominance de la neige à un système caractérisé par une prédominance de pluie (Kang et coll., 2014; Picketts et coll., 2017). Dans certaines parties du bassin, comme son affluent, la rivière Nechako, on prévoit des changements au débit annuel, avec des débits de pointe plus précoces et des débits plus faibles à



la fin de l'été. Les projections concernant les changements climatiques indiquent que la crue printanière arrivera plus tôt et que les débits estivaux pourraient diminuer (Kang et coll., 2014; Picketts et coll., 2017). La diminution des accumulations de neige modifiera la qualité de l'eau, et les diminutions du débit peuvent avoir des effets négatifs majeurs sur les saumons migrateurs, qui sont importants sur le plan culturel pour de nombreux peuples des Premières Nations. Ces changements toucheront les Premières Nations et leur relation culturelle avec l'eau, la sécurité alimentaire et l'état de l'eau potable dans de nombreuses réserves, ce qui entraînera des répercussions sur la santé. Dans de nombreux cas, ces impacts sur la santé peuvent être aggravés par une variété de difficultés sans rapport avec les changements climatiques (par exemple, des problèmes sociaux enracinés dans la colonisation) (Berner et coll., 2016).

### 7.3.4 Sécurité de l'eau et société

La sécurité de l'eau a des répercussions directes sur l'eau potable et les systèmes d'approvisionnement en eau, les aliments et les systèmes alimentaires, les pratiques culturelles et spirituelles, ainsi que les loisirs. L'accès à une eau potable d'une qualité appropriée et en quantité suffisante pour préserver la santé et le bien-être est une composante essentielle de la sécurité de l'eau. De même, l'eau est essentielle à la production alimentaire (p. ex., irrigation des cultures, maintien de stocks de poissons sains, etc.) et à la transformation des aliments (p. ex., fabrication d'aliments transformés, nettoyage des légumes avant leur distribution pour la vente, cuisson, etc.). La température de l'air, la température de l'eau et les précipitations sont les variables climatiques les plus importantes qui influent sur l'apparition de maladies d'origine alimentaire (Smith et Fazil, 2019) (voir le chapitre 8 : Salubrité et sécurité des aliments). Des onze principaux agents pathogènes d'origine alimentaire déterminés par Smith et Fazil (2019) à examiner dans le contexte des changements climatiques au Canada, six sont influencés, en partie, par les précipitations, la sécheresse et la température de l'eau.

Certaines régions du Canada connaissent déjà des périodes d'insécurité en matière d'approvisionnement en eau, en raison des impacts sur la qualité de l'eau et des pénuries d'eau. Par exemple, en 2019, la ville d'Iqaluit, au Nunavut, a fait face à une pénurie sans précédent d'eau de source après avoir connu un été marqué par des précipitations historiquement faibles (Bell, 2019). À mesure que le climat continue de se réchauffer, et en l'absence de mesures d'adaptation efficaces, les craintes liées à la sécurité de l'eau et à la santé humaine risquent de s'accroître. Les responsables des politiques en santé publique et de gestion de l'eau, les chercheurs et les décideurs ont tous un rôle à jouer dans la protection et la promotion de la santé, et ce, en s'efforçant d'atteindre ou de maintenir la sécurité de l'eau.

#### 7.3.4.1 L'eau et le système alimentaire

L'eau, lorsqu'elle est disponible en quantité suffisante et que sa qualité est suffisante, est essentielle à la production alimentaire et est également utilisée aux fins de nettoyage, d'assainissement et de fabrication dans le système alimentaire (Kirby et coll., 2003). Les opérations de transformation des aliments nécessitent de très grandes quantités d'eau (Compton et coll., 2018). La variabilité de l'approvisionnement en eau pourrait perturber les activités de transformation des aliments et avoir des perturbations à long terme sur la sécurité alimentaire. L'eau peut également servir de véhicule pour la transmission de la contamination chimique et microbienne des aliments pendant le traitement (Kirby et coll., 2003). Les principales manières

dont les changements climatiques peuvent influencer sur la transformation des aliments par le truchement de l'eau comprennent notamment l'augmentation de la fréquence et de la durée des périodes de sécheresse, ce qui peut entraîner une réduction de l'accès à l'eau nécessaire aux activités de transformation; l'inondation des champs agricoles avec de l'eau contaminée; et la contamination de l'eau utilisée dans la transformation des aliments, par exemple à cause des eaux de crue qui entraînent les contaminants dans les sources d'eau (Delpla et coll., 2009; Schnitter et Berry, 2019). Les impacts de l'une ou l'autre de ces possibilités nécessiteraient de modifier les étapes actuelles de l'Analyse des risques et de la maîtrise des points critiques (HACCP) utilisées pour prévenir les maladies d'origine alimentaire au Canada (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2012). Les entreprises alimentaires canadiennes sont tenues d'avoir un plan de salubrité des aliments, et le HACCP est un outil clé pour en élaborer. Dans l'approche de HACCP, l'eau est utilisée pour la transformation et le nettoyage des aliments, pour éliminer les contaminants chimiques et microbiens qui se trouvent sur la viande, les fruits et légumes ou d'autres matières premières.

L'eau est un véhicule potentiel de transmission directe des contaminants chimiques et microbiens aux aliments pendant le traitement. Les contaminants chimiques peuvent inclure les métaux lourds, les polluants domestiques et industriels, les pesticides et les nitrates. Les contaminants microbiens peuvent inclure des bactéries pathogènes, telles que celles de type *Escherichia coli* producteur de vérotoxigène, des parasites tels que *Toxoplasma gondii*, des protozoaires tels que *Cryptosporidium*, et des virus tels que le norovirus. Comme il a été mentionné dans les sections précédentes, les événements météorologiques extrêmes associés aux changements climatiques peuvent favoriser le déplacement des produits chimiques et des agents pathogènes du milieu ambiant vers les sources d'eau à des niveaux plus élevés que d'habitude, ce qui risque de compromettre les méthodes de traitement existantes.

L'eau traitée par la municipalité et l'eau d'origine privée sont utilisées dans la transformation des aliments. Ces sources d'eau sont généralement traitées pour prévenir certains dangers chimiques et microbiens, mais elles ne sont pas sans risque (Kirby et coll., 2003). L'eau qui n'est pas traitée ou qui est traitée de façon inefficace avant d'être utilisée pour la transformation des aliments peut transmettre des contaminants directement aux aliments. Les éclosions de maladies d'origine alimentaire ont été attribuées à l'utilisation d'eau contaminée pendant la transformation des aliments (Kirby et coll., 2003). Même la présence de niveaux extrêmement faibles d'un agent pathogène dans l'eau peut entraîner une exposition dangereuse pour l'homme par les aliments. Dans des conditions optimales, le transfert d'une seule cellule pathogène à un aliment pourrait entraîner une dose infectieuse qui parviendrait à atteindre le consommateur, car l'agent pathogène peut se développer à partir de la période de transformation des aliments jusqu'à leur consommation, en passant par la distribution, la vente au détail et l'entreposage (voir le chapitre 8 : Salubrité et sécurité des aliments). Avec les méthodes courantes de traitement des aliments, il est très difficile de neutraliser complètement tous les agents pathogènes possibles. Certains produits alimentaires, comme les légumes-feuilles, sont plus susceptibles de causer des maladies, parce qu'ils sont peu transformés et qu'ils sont plus susceptibles d'être consommés crus (Jung et coll., 2014). Étant donné qu'on attribue déjà aux petits SAEP privés une plus grande part des éclosions de maladies d'origine hydrique qu'aux grands systèmes, les entreprises de transformation des aliments desservies par ces systèmes sont plus à risque (Moffatt et Struck, 2011).

En plus de la contamination alimentaire due à l'utilisation d'eau contenant des agents pathogènes nuisibles, les pénuries d'eau peuvent également nuire à la transformation d'aliments comme la viande, les fruits et les légumes; des catégories qui ont été associées à des éclosions de maladies microbiennes d'origine

alimentaire au Canada (Ravel et coll., 2009). Les pénuries d'eau peuvent compromettre la santé humaine en limitant la capacité à éliminer les contaminants des aliments. Par exemple, les restrictions concernant l'utilisation de l'eau pour le nettoyage et la désinfection pourraient entraîner une élimination moins efficace des contaminants. Pendant les périodes où la quantité d'eau est limitée, s'il n'est pas possible de recourir à d'autres interventions ou procédures pour traiter les aliments, l'accès restreint à des aliments sûrs et nutritifs pourrait compromettre la sécurité alimentaire et la santé humaine.

Le risque que représente une pénurie d'eau pour la transformation des aliments a une composante saisonnière et est plus élevé pendant l'été, lorsque la demande d'eau à toutes fins est la plus importante (Wiener et coll., 2016). Cette période de l'année est également optimale pour la survie de nombreux agents pathogènes dans l'environnement, car des températures plus élevées favorisent la prolifération (Smith et Fazil, 2019). Bien que les risques pour la transformation des aliments soient les plus élevés dans le sud du Canada, en fonction de l'exportation des aliments et des chaînes d'approvisionnement, les impacts locaux ou régionaux des pénuries d'eau sur la transformation des aliments peuvent se faire sentir à l'échelle nationale.

Près de 30 % des aliments consommés au Canada sont importés d'autres pays, et la majorité des aliments importés proviennent des États-Unis (Statistique Canada, 2009). Les impacts des changements climatiques sur la disponibilité et la qualité de l'eau peuvent également avoir une incidence sur la transformation des aliments dans d'autres pays qui exportent des aliments au Canada. Ces impacts sont propres à la région, à la denrée et aux contaminants possibles et pourraient ultimement avoir une incidence sur la santé publique du Canada.

#### 7.3.4.1.1 Pêche et aliments aquatiques

On s'attend à ce que les changements climatiques aient des conséquences sur les sources de nourriture marine, en raison des effets de la température sur les écosystèmes marins (par exemple, les modifications du microbiote et des autres espèces se trouvant plus haut dans la chaîne alimentaire), de l'acidification des océans, des événements de précipitations extrêmes et du ruissellement subséquent des terres cultivées lié à la charge en éléments nutritifs. La consommation de poissons et de mollusques crus ou insuffisamment cuits contaminés comporte un risque d'infection par des virus, des bactéries, des parasites et des toxines.

Les espèces de *Vibrio* sont des bactéries naturellement présentes dans les eaux océaniques du monde entier, y compris les eaux côtières du Pacifique et de l'Atlantique du Canada. Les espèces communes sur les côtes du Pacifique et de l'Atlantique comprennent les espèces *V. parahaemolyticus* (*Vp*), *V. vulnificus*, *V. fluvialis*, *V. alginolyticus* et *V. cholerae* non toxigène (Banerjee et coll., 2018). *Vp* est l'espèce la plus fréquemment associée aux maladies liées aux mollusques au Canada. S'il est ingéré, *Vp* peut causer de la diarrhée, des vomissements, de la nausée et de la fièvre durant un à sept jours, et, dans de rares cas, la mort (British Columbia Centre for Disease Control [BC CDC], 2020). La majorité des infections à *Vp* sont causées par la consommation d'huîtres crues issues de la pêche commerciale ou récoltées par le consommateur lui-même. D'autres voies d'exposition comprennent le fait de submerger accidentellement des plaies ou ses oreilles dans de l'eau de mer contaminée ou de l'avalier.

La présence de *Vp* et d'autres espèces de *Vibrio* dans les mollusques bivalves sur les côtes du Pacifique et de l'Atlantique du Canada a augmenté entre 2006 à 2009 et 2010 à 2013 (Banerjee et coll., 2018). Chaque année, de 30 à 70 infections humaines sont signalées en Colombie-Britannique, ainsi qu'un petit nombre

dans d'autres régions du pays (BC CDC, 2020). Pour chaque cas de *Vp* signalé au Canada, 92 autres cas sont présumés être survenus dans la collectivité touchée (Thomas et coll., 2013). Les espèces *V. fluvialis* et *V. alginolyticus* entraînent chacune de zéro à quatre cas acquis localement par an en Colombie-Britannique (Khaira et Galanis, 2007; BC CDC, 2020), qui se présentent généralement comme une maladie gastro-intestinale aiguë. *V. vulnificus* peut causer une infection grave, y compris une septicémie primaire et des infections nécrosantes des tissus mous. Les cas d'infections à *V. vulnificus* acquises localement sont extrêmement rares au Canada; seulement cinq déclarations de cas ont été publiées (Abbott, 1986; Kelly, 1991; Vinh et coll., 2006; Bigham et coll., 2008).

D'importantes éclosions de *Vp* en Colombie-Britannique ont entraîné la fermeture de zones de récolte de mollusques et l'interdiction de vendre des huîtres crues dans les restaurants. Ces mesures peuvent menacer à la fois la viabilité économique de l'industrie de la récolte des mollusques et la viabilité de l'utilisation de la source alimentaire (Fyfe et coll., 1997; Taylor et coll., 2018). D'autres espèces de *Vibrio* sont pathogènes pour les mollusques et les poissons, et peuvent également avoir des impacts économiques importants (Paillard et coll., 2004).

Les espèces de *Vibrio* sont thermophiles, ce qui signifie qu'elles préfèrent des températures plus élevées; par conséquent, la température de la mer en surface est le facteur de prédiction environnemental le plus important des concentrations de *Vibrio*. Des températures plus élevées entraînent des concentrations plus élevées de *Vibrio* dans l'eau de mer et les huîtres et, par extension, des taux accrus de maladies humaines (Cook et coll., 2002; Parveen et coll., 2008; Haley et coll., 2014; Konrad et coll., 2017). Le seuil de température de la mer en surface pour la prolifération de l'espèce *Vp* est d'environ 15 °C (Khaira et Galanis, 2007; Konrad et coll., 2017), ce qui signifie que la majorité des infections à *Vibrio* contractées localement au Canada surviennent pendant les mois d'été.

Bien que le cycle biologique des espèces de *Vibrio*, à l'exception du choléra toxigène, ne soit pas bien compris, on sait que les espèces de *Vibrio* se fixent aux organismes contenant de la chitine, en particulier les zooplanctons, qui sont considérés comme leur réservoir naturel (Vezulli et coll., 2010). La variation saisonnière des concentrations de *Vibrio* dépend à la fois de la température de la mer en surface et de la composition du réservoir de plancton (Turner et coll., 2009). La concentration de *Vibrio* est directement liée à certains stades de croissance du zooplancton à la suite de proliférations phytoplanctoniques qui se produisent à des températures plus chaudes (Turner et coll., 2009).

Le réchauffement continu des températures océaniques et l'extension des conditions estivales qui en découle, sous l'effet des changements climatiques, augmentent le risque de prolifération de *Vibrio* dans les eaux océaniques. Cela peut entraîner une accumulation accrue dans les mollusques bivalves et, par conséquent, un risque accru pour les humains. Le taux des cas de maladies liées à la bactérie *Vp* ont augmenté pendant de nombreuses années, en corrélation avec une lente augmentation de la température de la mer en surface; il y a également eu de grandes éclosions qui se sont produites pendant quelques mois à la suite d'anomalies à court terme de la température de la mer en surface (Martinez-Urtaza et coll., 2010). Dans l'océan Atlantique Nord, le réchauffement de l'hémisphère Nord et l'oscillation atlantique multidécennale sont associés à l'augmentation de la présence de *Vibrio* dans l'eau au cours des 50 dernières années (Vezulli et coll., 2016). Une augmentation plus rapide de l'incidence de *Vibrio* a été observée à des latitudes plus élevées

(Logar-Henderson et coll., 2019). Cela peut être dû au rejet d'eau de ballast pendant une période de temps plus chaud que d'habitude (McLaughlin et coll., 2005) ou à l'introduction de nouvelles souches de *Vp* dans les eaux chaudes provenant d'autres régions lors de grands phénomènes climatiques comme El Niño (Martinez-Urtaza et coll., 2010).

L'espèce *V. cholerae* non toxigène est en train d'émerger au Canada dans les mollusques bivalves. Sur la côte de l'Atlantique, elle a été trouvée dans 1 % des échantillons prélevés entre 2006 et 2013 et dans 20 % des échantillons prélevés entre 2014 et 2016; sur la côte du Pacifique, elle est passée de 1 % en 2006 à 2009 à 5 % en 2010 à 2013 (Banerjee et coll., 2018). Les maladies humaines causées par l'espèce *V. cholerae* non toxigène d'origine locale sont rares : en 2018, trois cas confirmés ont été signalés sur l'île de Vancouver (CBC, 2019). L'incidence croissante des maladies liées à *Vibrio* a également été observée en Europe et aux États-Unis (Newton et coll., 2012; Baker-Austin et coll., 2013). Il est possible qu'avec l'aggravation du réchauffement, l'incidence des maladies liées à *Vibrio* continue d'augmenter (voir le chapitre 8 : Salubrité et sécurité des aliments).

### 7.3.4.2 Impacts sur les infrastructures

L'exploitation fiable de l'infrastructure hydraulique est essentielle à la santé. Les systèmes d'approvisionnement en eau potable, de traitement des eaux usées et de gestion des eaux de ruissellement sont interdépendants et peuvent être touchés par les impacts des changements climatiques, lesquels ont des réactions en chaîne entre eux. Aux fins du présent chapitre, les SAEP comprennent les installations de production d'eau potable et d'eaux usées et l'infrastructure nécessaire pour transporter l'eau de la source jusqu'au lieu de traitement, puis jusqu'aux consommateurs, et enfin, jusqu'au lieu de traitement des eaux usées et jusqu'au point de rejet. Si les SAEP deviennent inexploitables ou inefficaces, la sécurité de l'eau, et par conséquent, la santé humaine, risquent de se détériorer. L'eau potable contaminée ou les systèmes d'approvisionnement en eau inefficaces augmentent le risque de maladies transmissibles (Alderman et coll., 2012). Par exemple, les événements de pluie extrêmes peuvent avoir une incidence sur la capacité des exploitants de réseaux d'aqueduc de réduire la turbidité, ce qui est connu pour avoir des impacts sur la santé, par exemple la possibilité de contracter la gastroentérite aspécifique (Aramini et coll., 2000; Schwartz et coll., 2000; Charron et coll., 2004). Les SAEP sont donc l'une des principales défenses contre l'insécurité hydrique et les conséquences sanitaires qui en découlent.

Le Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes de 2019 a révélé qu'au Canada, dans l'ensemble, environ 70 % des infrastructures d'eau potable (c.-à-d. les conduites d'eau et d'acheminement de l'eau locales, les installations de traitement de l'eau, les stations de pompage d'eau, les réservoirs d'eau) sont en très bon état (30 %) ou en bon état (40 %), et que 25 % sont en état acceptable, mauvais ou très mauvais. De plus, environ 55 % à 65 % des infrastructures de traitement des eaux usées sont en très bon ou en bon état. La condition d'environ 15 % des actifs linéaires d'eaux usées (c'est-à-dire les conduites d'égout et les conduites de refoulement sanitaire) est inconnue, car ils sont souterrains. En ce qui concerne les infrastructures d'eaux de ruissellement, on estime qu'environ 40 % à 60 % d'entre elles sont en bon ou très bon état, mais d'importantes lacunes existent en raison de la collecte limitée de données sur leur état (BluePlan Engineering, 2019).

Les SAEP du Canada n'ont pas été conçus en tenant compte des impacts des changements climatiques, et sont considérés comme faisant partie des infrastructures les plus vulnérables aux dangers climatiques, notamment les événements extrêmes (inondations, sécheresses et tempêtes), la dégradation du pergélisol dans les régions nordiques et la baisse des niveaux d'eau dans de nombreuses régions du pays en raison de la hausse des températures et de l'intrusion d'eau salée (Lemmen & Warren, 2004; Moffat & Struck, 2011; Luh et al., 2017). Un sondage mené en 2012 auprès de 53 services de distribution d'eau canadiens par l'Association canadienne des eaux potables et usées a révélé que seulement 30 % des répondants étaient conscients des impacts potentiels des changements climatiques, et que plus de la moitié (56 %) n'avaient pas de plans opérationnels pour faire face aux impacts des changements climatiques (Brettle et coll., 2015).

L'infrastructure d'eau potable peut être affectée ou dépassée par les aléas des changements climatiques à bien des égards. Par exemple, la qualité de l'eau qui pénètre dans un système de traitement de l'eau peut être altérée par une inondation (p. ex., contaminants provenant de régions rurales ou urbaines) ou par un feu de forêt (p. ex., ruissellement de carbone organique et d'azote); ces événements pourraient avoir une incidence directe sur l'infrastructure physique elle-même. Si le traitement de l'eau et la modernisation de l'infrastructure sont nécessaires (p. ex., utilisation d'un plus grand nombre de produits chimiques comme le chlore), les coûts augmenteront pour les municipalités (Andrey et coll., 2014). Des études de cas menées au Manitoba (Genivar, 2007) et à Terre-Neuve-et-Labrador (Conseil canadien des ingénieurs, 2008) ont permis de cerner les risques potentiels pour le fonctionnement des systèmes de traitement de l'eau (prétraitement, adoucissement et clarification, désinfection, entreposage, entreposage des produits chimiques, vannes et tuyaux) liés aux aléas climatiques que représentent les inondations, les températures élevées, les pluies intenses, la sécheresse, les tempêtes de verglas et les vents intenses, par exemple.

De nombreuses villes plus anciennes utilisent encore une conception de « déservoir d'orage » qui intègre les systèmes de gestion des eaux de ruissellement et les systèmes d'égouts sanitaires. Une augmentation des événements de fortes précipitations, des précipitations de pluie sur la couverture neigeuse ou du gélisol augmentera les risques d'impacts des eaux de ruissellement sur les systèmes sanitaires, ce qui pourrait submerger les systèmes (Andrey et coll., 2014) et augmenter le risque de rejet d'eaux usées non traitées dans les cours d'eau et les lacs adjacents (Madoux-Humery et al., 2016). Cela peut entraîner la contamination du SAEP municipal lui-même, si une prise d'eau est située à proximité, et cela peut également entraîner la contamination des plans d'eau utilisés pour les activités de loisirs. À Montréal, au Canada, une étude menée sur 10 ans a révélé que 80 % des pics de mesure d'*E. coli* à deux prises d'eau potable municipales le long du fleuve Saint-Laurent étaient liés à des débordements d'égouts unitaires provoqués par 10 mm de pluie ou de fonte des neiges (Madoux-Humery et al., 2016). Les enquêteurs ont pu démontrer que la contamination fécale était d'origine humaine. Les conceptions d'égouts modernes séparent les eaux de ruissellement des eaux usées domestiques afin d'éviter ce problème, mais, malgré cela, les eaux de ruissellement à elles seules peuvent être une source d'agents pathogènes en raison des réservoirs d'agents pathogènes qui existent dans l'environnement bâti (Turgeon et al., 2011).

On a également observé que la hausse du niveau de la mer associée aux changements climatiques modifiait le débit des eaux souterraines dans les villes côtières des États-Unis, ce qui entraînait une probabilité accrue de débordement des égouts à mesure que l'élévation des eaux souterraines pénètre dans l'infrastructure d'égouts vieillissante ou s'accumule dans des zones de haute perméabilité (p. ex., dans les matériaux de remplissage utilisés pendant la construction) (Rossi & Toran, 2019). Outre les précipitations de pluie, les

débordements d'égouts unitaires sont également touchés par le changement de l'aménagement du territoire et par les modifications de l'hydrologie locale dues à la croissance urbaine (Jalliffier-Verne et al., 2015). Les possibilités de réduire la probabilité de débordements comprennent l'aménagement urbain qui diminue la superficie des surfaces imperméables et la charge globale sur les systèmes d'eaux de ruissellement vieillissants en réduisant la quantité d'eau qu'ils doivent transporter vers les réseaux fluviaux. Cette pratique aiderait toutes les villes, qu'elles aient ou non des débordements d'égouts unitaires, à réduire le transfert de contaminants biologiques et chimiques de la ville vers les cours d'eau adjacents, ainsi qu'à augmenter l'alimentation de la nappe souterraine.

Même après que l'eau a été traitée selon les normes relatives à l'eau potable, elle peut encore être contaminée après avoir quitté l'installation de traitement et traversé le réseau. Dans les grands réseaux, ce risque est généralement atténué par une désinfection consécutive au traitement. Les épisodes de basse pression d'eau ont été associés à un taux élevé de maladies gastro-intestinales aiguës dans les anciens SAEP qui contiennent des conduites d'eau fissurées et endommagées, qui sont susceptibles d'être adjacentes aux conduites d'égout (Gargano et al., 2015). Dans les endroits où les conduites d'égout longent les conduites d'eau, si des fuites se forment sur les deux conduites, la seule méthode de protection consiste à maintenir une pression élevée dans la conduite d'eau par rapport à celle de la conduite d'égout. Les fortes précipitations associées aux changements climatiques peuvent exercer une pression supplémentaire sur les infrastructures vieillissantes et les rendre plus vulnérables aux défaillances, ce qui augmente la probabilité que se produisent de tels incidents de basse pression (Luh et al., 2017). Les SAEP atténuent généralement certaines pressions liées à la sécheresse, à la diminution du débit des cours d'eau et à l'épuisement des aquifères en faisant un meilleur usage des sources d'eau disponibles (par exemple, la conservation de l'eau). Des initiatives plus larges de protection des sources d'eau, tant pour les eaux de surface que pour les eaux souterraines, viennent appuyer ces efforts.

Les petites collectivités peuvent être plus vulnérables aux impacts des changements climatiques sur la sécurité de l'eau en raison de déficits dans les infrastructures des systèmes d'approvisionnement en eau, ainsi que du manque de ressources technologiques, financières et liées à la formation (Moffat et Struck, 2011). Pour ce qui est des SAEP, 8,7 % d'entre eux qui desservent environ 4 millions de Canadiens et de Canadiennes, n'ont recours à aucun traitement (données de 2006-2007) et dépendent principalement des eaux souterraines, ce qui aggrave les conséquences des changements climatiques sur la sécurité de l'approvisionnement en eau (Statistique Canada, 2013). Cette dépendance à l'égard des sources d'eau souterraine peut exercer une pression accrue sur ces systèmes en période de pénurie d'eau prolongée et, en particulier pour les systèmes qui dépendent de sources uniques, augmente l'urgence de la protection des sources d'eau. Bon nombre de ces SAEP desservent de petites collectivités.

#### **7.3.4.2.1 Systèmes d'approvisionnement en eau dans les collectivités autochtones**

L'accès à de l'eau potable salubre constitue un défi pour de nombreuses collectivités autochtones du Canada. Par exemple, en date du 15 février 2020, 61 collectivités des Premières Nations faisaient l'objet d'un avis à long terme (plus d'un an) concernant la qualité de l'eau potable (SAC, 2020a). L'approche à barrières multiples pour de l'eau potable saine met l'accent sur les SAEP municipaux reliés à une station de traitement de l'eau, les systèmes de conduites d'eau ainsi que la surveillance coordonnée. Dans de nombreuses collectivités autochtones, en particulier celles qui sont petites, éloignées et isolées, le réseau de distribution d'eau est différent des SAEP municipaux courants. Il comprend souvent les puits privés, les camions-citernes et les

systèmes de conduite d'eau bien que certains ménages aient un accès limité, voire aucun accès, à un service d'alimentation en eau (Daley et coll., 2014; Patrick, 2018). De nombreuses collectivités autochtones font face à des défis, notamment une mauvaise qualité de l'eau de source, le manque d'équipement technologique destiné au traitement de l'eau, des systèmes inadéquats de distribution de l'eau ainsi que la contamination de l'eau à l'échelle locale et régionale causée par l'industrie locale. Les désavantages institutionnels, comme les normes de conception inadéquates des systèmes d'évacuation des eaux usées, la difficulté de maintenir en poste des opérateurs de station de traitement d'eau qualifiés, le manque de financement pour l'amélioration des SAEP et les limites de la capacité des camions-citernes à fournir une quantité suffisante d'eau pour répondre aux besoins des résidents, expliquent aussi en partie ces défis (Daley et coll., 2014; Patrick, 2018). Pour certains Autochtones, la méfiance à l'égard des SAEP, l'existence des aléas chimiques et biologiques, la préférence culturelle, le goût ou d'autres raisons les amènent parfois à dépendre de l'eau qu'ils ont eux-mêmes recueillie (Harper et coll., 2011; Goldhar et coll., 2013b). Cette eau recueillie non traitée peut être plus susceptible d'être contaminée, y compris en raison des risques liés aux changements climatiques. Tout agent pathogène présent dans l'eau (p. ex., agents infectieux causant des maladies à transmission vectorielle, contamination chimique provenant de sources de pollution à proximité ou agents pathogènes présents en raison d'une défaillance du système de traitement de l'eau) peut être consommé directement par les utilisateurs d'eau (Martin et coll., 2007; Harper et coll., 2011), causant des effets néfastes sur leur santé.

Les changements climatiques aggravent les problèmes actuels liés à l'eau auxquels sont confrontées les collectivités autochtones (Ford et coll., 2010; Andrey et coll., 2014; Patrick, 2018; SAC, 2019). Les changements de température peuvent avoir une incidence directe sur les installations de traitement de l'eau et des eaux usées ainsi que sur la sécurité alimentaire et la sécurité de l'eau potable. Les petites collectivités rurales et circumpolaires sont particulièrement vulnérables et doivent composer avec de nombreux risques interdépendants (Berner et coll., 2016). De nombreuses collectivités autochtones sont conscientes de ce risque, sont préoccupées par les impacts des changements climatiques sur la qualité de leur eau, la quantité d'eau à laquelle elles ont accès et leur sécurité hydrique (Picketts et coll., 2017; SAC, 2019) et reconnaissent la nécessité d'agir. Par exemple, la Stratégie nationale inuite sur les changements climatiques (2019) de l'Inuit Tapiriit Kanatami a défini la nécessité de s'adapter aux impacts des changements climatiques sur la santé, y compris ceux liés à l'eau, comme étant une action prioritaire de lutte contre les changements climatiques. La section 7.5 Mesures d'adaptation pour réduire les risques et le chapitre 2 : Changements climatiques et santé des Autochtones du Canada abordent la façon dont les peuples autochtones s'adaptent aux impacts des changements climatiques sur la qualité de l'eau, la quantité d'eau et la sécurité de l'approvisionnement en eau.

### 7.3.4.3 Cryosphère

La cryosphère désigne l'ensemble des eaux et des sols gelés, y compris la neige, la glace, le pergélisol et le sol gelé de façon saisonnière. Au Canada, la cryosphère existe durant une partie de l'année dans les latitudes et les altitudes plus basses alors qu'elle est présente toute l'année dans les latitudes et les altitudes plus élevées (Bush & Lemmen, 2019). La cryosphère et, plus particulièrement, les régions arctiques sont considérablement touchées par les changements de température et de précipitations causés par les changements climatiques (Overland et coll., 2018). Les températures ont une incidence sur le moment, la durée et l'intensité des périodes de fonte ainsi que la probabilité de précipitations sous forme de pluie ou de neige. La neige réfléchit dans l'atmosphère une grande quantité du rayonnement solaire incident, et les



changements de l'épaisseur de la neige ont des impacts sur la température du sol et l'épaisseur de la glace des lacs et des mers (Bush & Lemmen, 2019). Il semble que la saison durant laquelle il y a présence du manteau neigeux ait diminué dans la plus grande partie du Canada, et l'accumulation saisonnière de neige a probablement diminué de 5 % à 10 % depuis 1981. Les modèles climatiques prévoient que la période durant laquelle le sol sera recouvert d'une couverture neigeuse continuera de diminuer partout au Canada d'ici le milieu du siècle, indépendamment du scénario d'émissions (Bush & Lemmen, 2019).

Les changements dans la cryosphère sont susceptibles d'influencer de différentes façons la santé et le bien-être des Canadiens et des Canadiennes, en particulier ceux vivant dans les régions du Nord et de l'Arctique, ce qui comprend les impacts sur la sécurité alimentaire, les dommages aux infrastructures, l'émission de polluants persistants et les conséquences sur les réseaux de transport (Hovelsrud et coll., 2011; Arctic Monitoring and Assessment Programme [AMAP], 2015). Bien que les processus à l'origine de ces impacts soient complexes, dans le nord du Canada, ils peuvent généralement être liés à deux problèmes principaux : les changements de l'état des glaces et les changements du pergélisol.

Les changements liés à la quantité et à la qualité de la glace marine ont de vastes impacts sur les systèmes alimentaires et la navigation dans l'Arctique (Ford et coll., 2009). La réduction de la quantité et de la qualité de la glace marine a des impacts sur la diversité des animaux marins et leurs habitudes migratoires ainsi que sur la biodiversité globale de la région (AMAP, 2017). Ces changements peuvent, à leur tour, avoir une incidence sur l'accès aux sources d'alimentation traditionnelles pour les collectivités du Nord (voir le chapitre 8 : Salubrité et sécurité des aliments). En plus des impacts sur la vie marine, les changements liés à la quantité et à la qualité de la glace marine ont une incidence sur la capacité des Inuits et d'autres chasseurs du Nord de subvenir à leurs besoins alimentaires en raison de la capacité réduite de se déplacer en toute sécurité sur la glace. Un accès réduit à la terre limite également la capacité de transmettre le savoir traditionnel aux générations futures (SAC, 2019).

La formation annuelle des routes de glace dépend de la glace qui se forme sur les mers, les rivières et les lacs. L'utilisation de ces routes réduit considérablement les coûts d'expédition et le temps de transport, et celles-ci sont essentielles pour assurer les besoins des collectivités du Nord. Les changements climatiques ont une incidence sur l'utilisation de ces routes, par exemple, dans le Grand Nord ontarien (Hori et coll., 2018), et le réchauffement continu aura de vastes répercussions sur la vie quotidienne des collectivités du Nord, notamment sur les chaînes d'approvisionnement des établissements de santé et l'accès aux aliments du marché.

Les changements touchant l'environnement naturel ont également des impacts directs sur d'autres types d'infrastructures bâties partout dans l'Arctique. Une grande partie de l'infrastructure existante a été construite dans la perspective d'un pergélisol continu. Les changements que subit le pergélisol menacent l'intégrité structurale des bâtiments et des routes, y compris les établissements de santé ainsi que les installations de traitement de l'eau et des eaux usées. La dégradation du pergélisol a eu des impacts sur certains SAEP en causant des bris de conduites d'eau potable et d'égout, ce qui pourrait entraîner l'infiltration de contaminants dans l'eau potable (Lemmen et Warren, 2004). Par exemple, la ville d'Iqaluit, au Nunavut, a été touchée par le dégel du pergélisol causé par les changements climatiques, ce qui a provoqué d'importants dommages aux conduites de distribution d'eau et d'évacuation des eaux usées de la ville (George, 2019). En plus des risques liés aux infrastructures, les contaminants persistants actuellement contenus dans le pergélisol peuvent être libérés lors de la fonte du pergélisol (AMAP, 2015) (voir le chapitre 3 : Aléas naturels). Les températures plus chaudes des lacs d'eau douce, des étangs de toundra et des ruisseaux peuvent également entraîner un niveau

plus élevé de méthylation bactérienne du mercure et un rejet plus important de mercure en raison du dégel du pergélisol (Berner et coll., 2016), ce qui pourrait avoir des répercussions sur la santé humaine.

## 7.4 Risques et impacts prévus liés à la sécurité sanitaire

Il est difficile de prévoir les conséquences de la rareté de l'eau et des inondations sur la sécurité sanitaire mondiale en raison de notre capacité limitée à modéliser les événements et l'impact des interventions, lesquelles sont soumises aux politiques actuelles et futures d'adaptation et d'atténuation des GES, qui sont susceptibles de changer. Bien que des progrès importants aient été réalisés en ce qui concerne la compréhension des impacts sanitaires des changements climatiques et la détermination de mesures d'adaptation connexes, la complexité des liens entre l'eau, les aliments et d'autres déterminants sociaux et environnementaux de la santé nécessite une compréhension plus large des impacts climatiques cumulatifs ou en cascade, qui peuvent aggraver les dommages (Pescaroli et Alexander, 2018).

Les conflits locaux et régionaux qui éclatent dans d'autres parties du monde, lesquels sont provoqués ou exacerbés par l'insécurité hydrique, peuvent avoir des répercussions sur les Canadiens et les Canadiennes et leurs intérêts. L'eau a été une source de conflit tout au long de l'histoire, et de nombreux experts estiment que ce risque augmentera avec la croissance démographique, le développement économique rapide et les changements du cycle hydrologique causés par le climat (Levy et Sidel, 2011; Gleick et coll., 2020). Le risque de migration forcée en raison des changements climatiques peut également augmenter, en particulier dans les pays moins développés (Rigaud et coll., 2018). Les impacts des changements climatiques sur l'eau qui créent une pression migratoire et provoquent les déplacements de population comprennent l'augmentation du niveau de la mer, la désertification, les inondations, les moussons, les ouragans et les cyclones (Dickson et al., 2014; McLeman, 2019).

Les scénarios qui pourraient déclencher un conflit international touchant le Canada comprennent l'échec des efforts de consolidation de la paix en Afrique en raison de la sécheresse, un conflit international au sujet du fleuve Indus et une plus grande instabilité au Moyen-Orient (McLeman, 2011; McLeman, 2019). Des groupes d'insurgés pourraient se joindre aux afflux de réfugiés et aux camps de réfugiés pour passer inaperçus alors qu'une réduction de la sécurité de l'eau pourrait conduire à des conflits internes. Ce sont là deux situations qui déstabiliseraient les gouvernements et nécessiteraient le déploiement des forces canadiennes de maintien de la paix (Comité permanent de la défense nationale de la Chambre des communes, 2019; Gleick et coll., 2020).

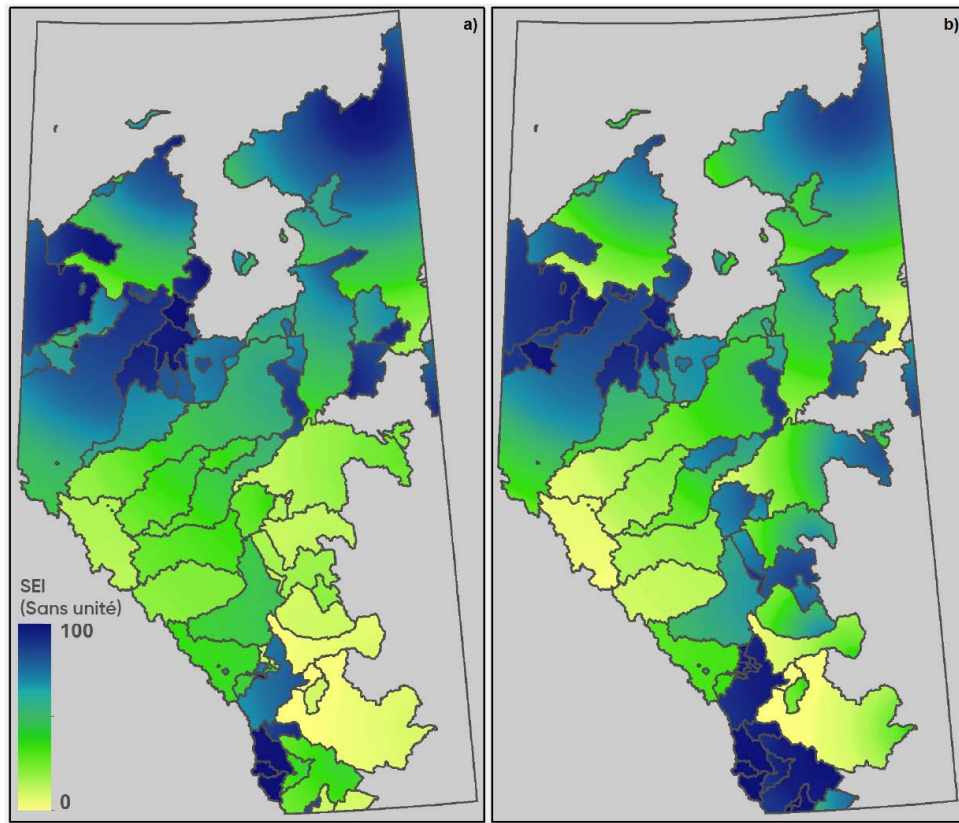
À l'échelle nationale, la hausse des températures de l'eau provoquée par les changements climatiques pourrait permettre l'expansion de nouveaux contaminants comme *Naegleria fowleri* vers le nord. Cet agent pathogène peut causer une méningo-encéphalite amibienne primitive, une maladie très rare, mais presque

toujours mortelle, du système nerveux central (Santé Canada, 2012). Aucun cas de maladie associée à *N. fowleri* n'a encore été signalé au Canada. Le cas survenu le plus au nord à ce jour a été signalé au Minnesota (Gompf et Garcia, 2019).

On s'attend à ce que les changements climatiques augmentent la fréquence et l'intensité des feux de forêt principalement en raison des changements de température et de précipitations, notamment une diminution des précipitations dans certaines régions et une augmentation insuffisante des précipitations dans d'autres régions pour compenser les effets de la hausse des températures (Wotton et coll., 2017). Les vents chauds, secs et forts engendrent un risque élevé de feux de forêt extrêmes (Bush & Lemmen, 2019). Pour l'ensemble du Canada et, en particulier, l'ouest des Prairies, on prévoit un risque de conditions propices aux feux de forêt extrêmes, une augmentation du nombre de jours de propagation des feux de forêt et une plus longue saison des feux (Wang et al., 2015).

En plus des impacts sanitaires souvent mentionnés (p. ex., brûlures, troubles respiratoires, impacts sur la santé mentale), les feux de forêt peuvent avoir des conséquences graves pour les bassins versants en raison de leurs effets sur le débit des cours d'eau et la qualité de l'eau. Les effets à long terme (sur plusieurs années) des feux de forêt comprennent l'augmentation des eaux de ruissellement, de la charge en éléments nutritifs (principalement en azote et en phosphore) et en contaminants ainsi que de la concentration de carbone organique, le risque élevé d'efflorescences algales et de cyanobactéries, une plus forte activité microbienne, la transformation du carbone organique dissous et la présence de produits chimiques utilisés dans la lutte contre les feux de forêt (Khan et coll., 2015; Harper et coll., 2018; Robinne et al., 2019) (voir le chapitre 3 : Aléas naturels), lesquels ont des répercussions sur la santé humaine. Le débit des cours d'eau peut être modifié par les changements de végétation et par les changements topographiques causés par les crues subites et les glissements de terrain associés aux feux de forêt. Les changements du débit des cours d'eau peuvent avoir une incidence sur la fiabilité des méthodes de prévision des apports d'eau utilisées par les gestionnaires de l'approvisionnement en eau potable pour prévoir la quantité d'eau disponible aux fins de traitement.

Même si, dans les régions récemment touchées par des feux de forêt, les SAEP municipaux peuvent tout de même fournir une eau adéquatement traitée, les contraintes supplémentaires engendrées par l'augmentation du nombre de feux de forêt peuvent entraîner une augmentation des coûts d'exploitation et mettre à l'épreuve la capacité de traitement (Robinne et coll., 2019). Par exemple, à la suite du feu de forêt survenu à Fort McMurray, en 2016, les services d'eau ont décidé, par excès de prudence, de diffuser un avis préventif d'ébullition de l'eau de trois mois et ont connu une augmentation de 50 % du coût des produits chimiques utilisés pour le traitement de l'eau au cours de cette année (Curtis et Gillis, 2016; Thurton, 2017; Robinne et coll., 2019). Une étude récente a permis de dresser une liste des collectivités de l'Alberta dont la source d'eau pourrait être menacée en raison des feux de forêt (voir la figure 7.3) (Robinne et coll., 2019), une situation qui s'aggravera probablement en raison des changements climatiques. Pour préparer les collectivités et les fournisseurs d'eau potable aux impacts des changements climatiques, d'autres études doivent être menées sur les conséquences des feux de forêt sur la qualité de l'eau.



**Figure 7.3** Indice d'exposition des sources d'eau (IESE) de l'Alberta et indice d'exposition des bassins versants forestiers aux feux de forêt. Indice d'exposition des sources d'eau (IESE) de l'Alberta (a) et indice d'exposition des bassins versants forestiers aux feux de forêt (b) définis par Robinne et coll. (2019). Dans les deux figures, une valeur plus élevée indique un niveau d'exposition plus élevé. L'IESE est un indice spatial qui mesure le niveau d'exposition d'une source d'eau en fonction de la disponibilité de l'eau et de la demande en eau dans un bassin versant, du couvert forestier du bassin versant et du risque de feu de forêt dans cette zone.

## 7.5 Mesures d'adaptation pour réduire les risques

Pour réduire les impacts sanitaires des changements climatiques, la réduction des GES est la mesure préventive la plus importante. Cependant, peu importe les réductions d'émissions de GES à court terme, les changements climatiques continueront, dans un avenir prévisible, de poser des risques liés à la qualité de l'eau, à la quantité d'eau et à la sécurité de l'approvisionnement en eau au Canada. Par conséquent, il est urgent de déterminer d'autres mesures d'adaptation pour atténuer ou éviter les impacts prévus des changements climatiques sur la santé. L'adaptation aux impacts des changements climatiques sur la santé

suppose la prise de mesures par les représentants de la santé, en collaboration avec des responsables d'autres domaines, afin de comprendre ces impacts, de les évaluer, de s'y préparer et de les prévenir. Les mesures d'adaptation mettent souvent l'accent sur le soutien aux personnes les plus vulnérables dans la société (voir le chapitre 10 : Adaptation et résilience des systèmes de santé). Elles comprennent l'élaboration, la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation de mesures particulières qui se rapportent, par exemple, à l'infrastructure sanitaire et aux infrastructures de soutien connexes, afin de réduire les risques pour la santé. L'adaptation aux impacts des changements climatiques sur l'eau et la santé est une responsabilité qui incombe à bon nombre d'intervenants. De nombreuses stratégies d'adaptation importantes en matière de santé (p. ex., l'amélioration ou le remplacement des systèmes d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées, la réduction du risque d'inondation et de sécheresse, les pratiques agricoles adaptées et le stockage de l'eau) relèvent de décideurs autres que ceux du secteur de la santé (p. ex., la gestion de l'eau potable, les travaux publics et l'infrastructure, la gestion des urgences, la société civile) et de différents ordres de gouvernement (municipal, autochtone, régional, provincial/territorial ou fédéral).

Le gouvernement fédéral a divers niveaux de responsabilité à l'égard de la gouvernance et de la gestion de l'eau en ce qui a trait à l'habitat du poisson, à la navigation, aux eaux transfrontalières, à la surveillance de l'eau et à l'eau sur les territoires domaniaux (Zubrycki et coll., 2011). Pour favoriser la réduction des risques sanitaires liés à l'eau, le gouvernement fédéral axe souvent ses efforts sur la recherche, la coordination, la facilitation de la collaboration intergouvernementale, l'éducation et la sensibilisation. En collaboration avec les principaux intervenants provinciaux et territoriaux, autochtones et universitaires, le gouvernement fédéral élabore des lignes directrices sur la qualité de l'eau potable (Santé Canada, 2019a) et des eaux récréatives (Santé Canada, 2012). Dans les collectivités autochtones, le gouvernement fédéral joue généralement un rôle plus vaste compte tenu de sa responsabilité en ce qui concerne les terres domaniales (Zubrycki et coll., 2011).

La responsabilité principale en matière de gouvernance et de gestion de l'eau au Canada incombe aux gouvernements provinciaux et territoriaux en collaboration avec les municipalités (Environnement et Changement climatique Canada, 2016; Santé Canada, 2019b) ou les sociétés et les organismes municipaux et provinciaux qui dirigent souvent les opérations de traitement de l'eau potable et des eaux usées. Cette responsabilité de compétence partagée en qui concerne les enjeux hydriques et, par conséquent, l'adaptation aux changements climatiques, se caractérise également par la participation de nombreux secteurs et disciplines (p. ex., les SAEP, l'aménagement urbain, l'agriculture, la santé, l'énergie) utilisant différentes terminologies et méthodes de gestion des risques.

Bien que des progrès aient été réalisés afin d'améliorer l'adoption d'approches intégrées multisectorielles en matière de gestion de l'eau, des défis subsistent (Shrubsole et coll., 2017). Bien que la santé humaine soit un élément central de presque tous les cadres de gestion et de gouvernance de l'eau, le rôle des décideurs en matière de santé est rarement énoncé de façon explicite dans la planification de la gestion de l'eau et, dans la pratique, est souvent axé sur l'élaboration de lignes directrices ou de normes, le suivi et la surveillance ainsi que les communications et les interventions en matière de santé. Pour les décideurs d'autres secteurs, une collaboration avec les représentants du secteur de la santé représente une occasion importante de réduire les risques sanitaires liés aux impacts des changements climatiques sur l'eau par la prise de mesures d'adaptation. Pour une mise en œuvre réussie des mesures d'adaptation liées à la santé, une coordination intersectorielle et intergouvernementale importante est nécessaire. Bien qu'elle ne soit pas exhaustive, la section suivante décrit des méthodes d'adaptation possibles susceptibles de limiter les conséquences sur

la santé humaine des impacts des changements climatiques qui ont une incidence sur la qualité de l'eau, la quantité d'eau et la sécurité de l'approvisionnement en eau.

### 7.5.1 Systèmes d'approvisionnement en eau résilients face aux changements climatiques

Les systèmes d'approvisionnement en eau et les pratiques de gestion de l'eau ont, depuis toujours, été conçus en se fondant sur le fait que les expériences passées sont le meilleur indicateur des conditions futures de prestation des services. Les changements climatiques remettent en cause cette notion, puisque les critères de conception des systèmes qui permettaient à ces derniers de résister aux conditions climatiques dans le passé pourraient ne pas être suffisants pour répondre aux besoins futurs (Milly et coll., 2008). Les approches précédentes en matière de gestion et de gouvernance de l'eau n'ont pas adéquatement tenu compte des contraintes nouvelles ou existantes susceptibles d'être engendrées ou exacerbées par les changements climatiques. Une enquête nationale menée en 2017 auprès de responsables de la gestion des biens municipaux a révélé que les renseignements et les données sur les impacts des changements climatiques ne sont pas disponibles ou sont mal intégrés dans la prise de décisions en matière d'infrastructures locales (p. ex., infrastructures d'approvisionnement en eau) (Public Sector Digest [PSD] et coll., 2019). Les renseignements sur les changements climatiques devraient être pris en compte dans la planification de la gestion de l'eau et la conception des systèmes d'approvisionnement en eau (Milly et coll., 2008). De plus, les gestionnaires de l'approvisionnement en eau, les autorités sanitaires ainsi que les représentants des professions et des secteurs connexes devraient travailler en collaboration pour accélérer les progrès dans la conception de systèmes d'approvisionnement en eau résilients face aux changements climatiques (Smith et coll., 2019).

La résilience est la capacité d'un système à faire face à un choc ou à un facteur de stress, à s'y adapter et à continuer de remplir ses fonctions importantes (p. ex., un système d'approvisionnement en eau peut résister à un choc causé par le climat sans qu'il s'ensuive une défaillance du système de traitement de l'eau). La gestion de l'eau résiliente face aux changements climatiques définit et met en œuvre des mesures flexibles qui réduisent les risques liés à la qualité de l'eau, à la quantité d'eau et à la sécurité de l'approvisionnement en eau en tenant compte de divers climats futurs possibles ainsi que de divers chocs et facteurs de stress climatiques potentiels (Smith et coll., 2019). Au Canada, des efforts visant à construire des systèmes d'approvisionnement en eau résilients face aux changements climatiques sont déployés depuis 2007. Voici des exemples d'initiatives visant à recueillir de nouveaux renseignements et à élaborer de nouveaux outils pour soutenir la gestion de l'eau résiliente face aux changements climatiques afin de favoriser la santé :

- La Stratégie sur la gestion des eaux des TNO : *Plan d'action 2016 à 2020* tire parti de l'élan suscité par la *Stratégie sur la gestion des eaux des TNO : Plan d'action 2011 à 2015* et vise à préserver la quantité et la qualité des ressources hydriques dans les Territoires du Nord-Ouest, à garantir un approvisionnement en eau et à assurer la résilience des écosystèmes d'eau douce (gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, 2016).

- La Water Security Agency de la Saskatchewan entreprend le projet *Building Capacity for Community Hydrologic Drought Response* (renforcer la capacité d'intervention communautaire en cas de sécheresse), qui vise à améliorer la capacité des municipalités de la Saskatchewan à limiter les impacts de la sécheresse aggravés par les changements climatiques, y compris les impacts sur l'approvisionnement en eau et la qualité de l'eau (Ressources naturelles Canada [RNCan], 2021).
- L'Atlantic Canada Water and Wastewater Association entreprend un projet intitulé *Incorporating Climate Resilience for Municipal Infrastructure into the Updates of Existing Atlantic Canada Water and Wastewater Design Guidelines* (intégrer la résilience climatique des infrastructures municipales dans les mises à jour des lignes directrices existantes sur la conception des systèmes d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées dans le Canada atlantique) (RNCan, 2021).
- Grâce au projet Résilience aux changements climatiques : Renforcement des capacités des décideurs du Manitoba, le gouvernement du Manitoba accroît la capacité et l'expertise des professionnels (y compris des ingénieurs et des planificateurs), du milieu des affaires du nord du Manitoba ainsi que des organisations et collectivités autochtones afin de réduire les impacts des changements climatiques, notamment par des mesures d'adaptation se rapportant à l'utilisation des terres, à la gestion de l'eau et aux infrastructures (RNCan, 2021).
- La Fédération canadienne des municipalités a élaboré des guides et diffusé de l'information au moyen de webinaires et de réseaux pour aider les municipalités à intégrer les considérations relatives aux changements climatiques dans les programmes de gestion des actifs, y compris ceux liés à l'eau. Les principaux programmes de subventions comprennent le Programme de gestion des actifs municipaux, le Programme Municipalités pour l'innovation climatique et le Réseau de gestion des actifs et des changements climatiques (PSD et coll., 2019).

Il existe de nombreuses possibilités d'intégrer davantage la résilience climatique aux activités de gestion de l'eau (Smith et coll., 2019). L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a élaboré des lignes directrices sur les plans de gestion de la sécurité sanitaire de l'eau résilients face aux changements climatiques afin d'aider les décideurs du secteur de l'approvisionnement en eau et les autorités sanitaires à améliorer la résilience climatique des systèmes d'approvisionnement en eau et à réduire les risques sanitaires associés aux impacts climatiques sur les ressources hydriques. Ce processus prend comme point de départ des approches existantes en matière de gestion des ressources hydriques telles que la gestion intégrée des risques liés à l'eau et l'adaptation aux changements climatiques afin de s'assurer que les considérations sanitaires et climatiques sont adéquatement prises en compte dans la gestion de l'eau (OMS, 2017).

Dans l'ensemble du Canada et à l'échelle internationale, les autorités sanitaires reconnaissent de plus en plus la nécessité d'évaluer leur vulnérabilité et de déterminer les mesures d'adaptation requises pour réduire les impacts des changements climatiques sur la santé, y compris les effets liés aux enjeux hydriques (Berry et coll., 2018) (voir le chapitre 10 : Adaptation et résilience des systèmes de santé). Des lignes directrices et des trousseaux d'outils ont été élaborés pour faciliter la réalisation des évaluations de la vulnérabilité et de l'adaptation (EVA) relativement à la santé et aux changements climatiques (OMS, 2013; Ebi et coll., 2016).

Il est possible de mieux comprendre les impacts sanitaires des changements climatiques découlant des effets sur la qualité de l'eau, la quantité d'eau et la sécurité de l'approvisionnement en eau en réalisant des EVA à l'échelle locale et régionale, au Canada. Plusieurs évaluations précédentes effectuées par les autorités sanitaires canadiennes (Berry et coll., 2014b; bureau de santé de Grey Bruce, 2017; Levison et coll., 2017) comprennent l'examen des questions relatives à l'eau, et la plupart des 10 projets de l'initiative ADAPTATION Santé de Santé Canada tiennent également de ces questions (gouvernement du Canada, 2020). La participation des représentants du secteur de la santé aux évaluations plus vastes des impacts des changements climatiques et des stratégies d'adaptation, qui sont souvent menées par le ministère de l'Environnement ou le ministère gouvernemental concerné, est également importante pour mieux comprendre les impacts actuels et anticipés des changements climatiques et les options permettant de réduire les risques auxquels est exposée la population canadienne et de faciliter la collaboration intersectorielle nécessaire afin d'accomplir des progrès dans le renforcement de la résilience.

## **Encadré 7.2 La cogouvernance de l'eau par les peuples autochtones comme moyen de lutter contre les changements climatiques**

Dans la vallée de Cowichan, en Colombie-Britannique, le Cowichan Watershed Board (CWB) mène des activités de gouvernance et de gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant. Le CWB a été créé à la suite d'une grave sécheresse survenue à l'été 2007 par des intervenants étant reconnu la nécessité d'une approche plus formelle et proactive de la gestion de l'eau en raison de la croissance démographique continue, des changements climatiques et des impacts cumulatifs d'un processus décisionnel non coordonné dans le bassin versant de Cowichan-Koksilah. Le CWB tire sa force de son modèle de gouvernance reposant sur la participation de représentants des tribus de Cowichan et du district régional de la vallée de Cowichan en tant que partenaires égaux et coprésidents du conseil. Ce partenariat, qui vise à améliorer la santé de l'ensemble du bassin versant, appuie la reconnaissance locale des droits autochtones et constitue également un engagement profond à la réconciliation (CWB, 2018).

La gestion efficace de l'eau dans les bassins versants, comme le bassin de Cowichan et Koksilah, a été entravée parce que l'autorité législative et la responsabilité à l'égard de l'eau sont complexes et réparties entre les gouvernements et organismes fédéraux, provinciaux et locaux, et en raison de droits ancestraux non éteints. Le leadership et la prise de décisions concertée sont au cœur de l'objectif et de la structure de Cowichan Watershed Board (CWB). À l'heure actuelle, le CWB ne détient aucun pouvoir décisionnel conféré par la loi, bien qu'il soit prévu de le faire évoluer pour lui permettre d'avoir une certaine forme d'autorité déléguée dans la prise de décisions locales en matière de gestion de l'eau. Entre-temps, le CWB a approuvé des « cibles pour les bassins versants ». Ces cibles consistent notamment à assurer des populations de poissons durables, à assurer la qualité de l'eau et un débit estival adéquat, à protéger et à préserver les habitats riverains et estuariens, à conserver l'eau et à accroître la sensibilisation des résidents locaux concernant les bassins versants. Pour atteindre ces objectifs, il est essentiel de suivre l'ancien principe des tribus Cowichan, adopté par le CWB – « Nutsumaat kws yaay'us thqa », qui signifie : se réunir pour travailler ensemble afin d'être plus forts en tant que partenaires pour gérer le bassin versant (CWB, 2018).



Les mesures d'adaptation visant à réduire les risques découlant des impacts des changements climatiques sur l'eau nécessitent souvent une collaboration avec les décideurs d'autres secteurs liés au secteur de la santé. Par exemple, une EVA réalisée par le Bureau de santé publique de Middlesex-London, en Ontario, a permis de déterminer que la protection accrue des sources d'eau était une stratégie d'adaptation potentielle aux changements climatiques (Berry et coll., 2014b). En collaborant avec d'autres secteurs pour intégrer les résultats des EVA aux processus de gestion de l'eau, le secteur de la santé peut aider à agir sur les principaux déterminants de la santé en amont qui contribuent à prévenir les expositions dangereuses, ce qui permettrait d'éviter que des populations tombent malades ou soient blessées.

## 7.5.2 Options d'adaptation visant à protéger la qualité, la quantité et la sécurité de l'approvisionnement en eau

Un certain nombre de mesures d'adaptation, notamment des politiques et des programmes nouveaux ou améliorés, sont envisageables pour réduire les risques sanitaires liés aux impacts des changements climatiques sur la qualité, la quantité et la sécurité de l'eau (tableau 7.4). Bon nombre de ces mesures sont plus efficaces lorsqu'elles sont adaptées au contexte local ou régional, en fonction de l'information disponible concernant les impacts des changements climatiques recueillie au moyen des EVA.

### Tableau 7.4 Exemples d'adaptations visant à réduire les risques sanitaires liés aux impacts des changements climatiques sur la qualité, la quantité et la sécurité de l'eau

#### À l'échelle municipale

- Amélioration ou expansion des activités liées à la sécurité de l'approvisionnement en eau de la ville, y compris l'analyse de l'eau (l'eau potable et utilisée à des fins récréatives), le traitement de l'eau, la distribution de l'eau et la gestion des eaux de ruissellement
  - » Intégrer les considérations relatives aux changements climatiques dans les normes et objectifs relatifs à l'eau potable
  - » Publier des informations éducatives et consultatives sur la qualité de l'eau
  - » Donner des conseils sur l'émission d'avis d'ébullition de l'eau
- Programmes communautaires de surveillance de l'eau
- Projections du climat et démographiques intégrées à la cartographie des plaines inondables et à la prise de décisions relatives à l'utilisation des terres
- Évaluation de la vulnérabilité de l'infrastructure du réseau d'approvisionnement en eau (p. ex., cartographie de la vulnérabilité)
- Recours à des plans alternatifs dans les systèmes d'approvisionnement en eau potable (SAEP) (par exemple, plus d'une source d'eau)



<b>À l'échelle municipale</b>  (suite)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mesures de soutien en santé mentale et initiatives de prévention et de sensibilisation aux maladies mentales ciblant les personnes dont les moyens de subsistance dépendent de l'eau (p. ex., collectivités dépendantes de l'agriculture)</li><li>• Techniques de conservation, de réutilisation et de collecte et de stockage de l'eau pour réduire les impacts des changements climatiques</li><li>• Protocoles et procédures pour la gestion des risques liés aux produits chimiques et aux contaminants en cas d'urgence</li><li>• Expansion des systèmes de réutilisation de l'eau pour compenser la réduction de l'offre, l'augmentation de la demande, ou les deux</li></ul>
<b>À l'échelle provinciale et territoriale</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Amélioration ou révision des lois régissant l'approvisionnement en eau des municipalités et à usage public, y compris sa mise en place et son exploitation<ul style="list-style-type: none"><li>» Améliorer ou réviser les politiques, les réglementations et les protocoles concernant les inspections de la qualité de l'eau</li><li>» Effectuer des inspections des réseaux municipaux d'eau potable et des laboratoires qui analysent l'eau potable</li><li>» Exploiter des laboratoires responsables de l'analyse de la qualité de l'eau</li><li>» Rédiger un plan d'intervention d'urgence concernant l'approvisionnement en eau</li><li>» Améliorer ou réviser les normes de qualité de l'eau et la gestion des bassins versants</li><li>» Approuver des zones désignées pour les usines de traitement de l'eau en fonction des risques climatiques</li><li>» Améliorer la salubrité de l'eau des puits</li><li>» Mettre en œuvre des directives nationales relatives à la salubrité de l'eau potable</li></ul></li><li>• Mesures de soutien en santé mentale et initiatives de prévention et de sensibilisation aux maladies mentales ciblant les personnes dont les moyens de subsistance dépendent de l'eau (p. ex., collectivités dépendantes de l'agriculture)</li><li>• Protocoles et procédures pour la gestion des risques liés aux produits chimiques et aux contaminants en cas d'urgence</li><li>• Surveillance des efflorescences algales nuisibles</li></ul>
<b>À l'échelle fédérale</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recherche sur les menaces qui pèsent sur l'eau potable dans le contexte des changements climatiques</li><li>• Élaboration d'un ensemble de directives nationales recommandées en matière de salubrité de l'eau potable tenant compte des informations sur les risques liés aux changements climatiques</li><li>• Approche intégrée à l'échelle nationale du suivi et de la surveillance des maladies d'origine hydrique</li></ul>

<b>Mesures d'adaptation transversales</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Solutions axées sur la nature (p. ex., zones humides pour le traitement des eaux usées agricoles, parcs de zones tampons pour la lutte contre les inondations, etc.)</li><li>• Considérations relatives aux changements climatiques et à la santé et intégration des projections du climat dans les activités de gestion des ressources en eau</li><li>• Amélioration des pratiques de communication des risques pour la santé afin de se préparer aux impacts probables des changements climatiques (p. ex., conseiller aux consommateurs d'éviter les produits qui pourraient avoir été en contact avec les eaux de crue)</li><li>• Exploration d'un soutien équitable à la transition économique pour les collectivités dont les moyens de subsistance sont menacés par la rareté de l'eau</li><li>• Initiatives d'éducation et de sensibilisation à la santé pour les utilisateurs de l'eau recueillie</li><li>• Désaffectation ou rénovation des infrastructures d'approvisionnement en eau à risque</li></ul>
---	---

Source : Adapté de Séguin, 2008; Berry et coll., 2014a

La conception de SAEP basée sur la gestion à l'échelle du bassin versant peut réduire les expositions dangereuses et les risques pour la santé liés à bon nombre d'impacts des changements climatiques touchant l'eau (p. ex., les inondations, la sécheresse et la contamination due au ruissellement) et aux changements d'utilisation des terres. Les mesures d'adaptation peuvent permettre de retirer des avantages accessoires considérables en matière de santé à mesure que la résilience se développe; p. ex., l'amélioration de l'accès communautaire à l'eau (plages, rivières, lacs), ce qui peut être bénéfique pour la forme physique en augmentant l'espace récréatif, en améliorant le sentiment de proximité des résidents avec l'environnement naturel et en améliorant le bien-être mental général (Gascon et coll., 2017).

Les solutions fondées sur la nature offrent des possibilités considérables aux collectivités qui cherchent à réduire l'exposition et la vulnérabilité liées à l'utilisation des terres. Les solutions fondées sur la nature sont « des mesures qui agissent de concert avec la nature et l'améliorent pour soutenir la biodiversité et aider à relever les défis sociétaux » (Kapos et coll., 2019, page 16). Les mesures qui reposent sur la conception de systèmes naturels ou qui les imitent, ainsi que les efforts visant à encourager un processus naturel déjà en place (p. ex., une zone humide), constituent toutes des approches naturelles en faveur de l'adaptation au climat. Le recours à des solutions naturelles pour réduire le ruissellement et le débordement des eaux de ruissellement, comme les jardins de pluie (Autixier et al., 2014) et les rigoles gazonnées (Bäckström, 2003), a été envisagé comme moyen de retenir l'eau et de permettre la sédimentation des matières particulaires. Ces interventions ont pour effet d'éliminer la contamination des réseaux d'approvisionnement en eau en augmentant le temps de rétention hydraulique (Li et al., 2016). Les solutions axées sur la nature peuvent également aider à atténuer les émissions de GES (p. ex., la séquestration du carbone en protégeant les espaces verts existants ou en créant de nouveaux) et les objectifs d'adaptation (p. ex., améliorer la qualité de l'eau et réduire les risques d'inondation grâce à l'aménagement d'aires naturelles qui peuvent capturer ou contrôler l'eau, qu'on appelle parfois des « espaces bleus »). Nombre de ces mesures permettent de

réaliser des économies plus importantes que les approches traditionnelles fondées sur les infrastructures grises, tout en offrant des avantages accessoires supplémentaires, notamment en matière de santé. Par exemple, un parc conçu pour la protection contre les inondations, comme le parc Corktown Common de Toronto (Waterfront Toronto, 2020), peut également créer des espaces récréatifs et permettre le déploiement d'infrastructures propices au transport actif (p. ex., pistes cyclables et piétonnières). Les espaces verts peuvent également présenter des avantages pour la santé des personnes souffrant de certaines formes de maladies mentales et, d'une manière générale, contribuer à améliorer la qualité de vie de ceux qui vivent ou travaillent à proximité (Raymond et coll., 2017).

Dans tout le Canada, divers ordres de gouvernement ont mis à l'essai des incitations financières pour favoriser le changement d'utilisation des terres. Par exemple, à la suite d'importantes inondations, le gouvernement provincial du Nouveau-Brunswick a lancé un programme de rachat destiné aux propriétaires les plus à risque d'inondation (Nouveau-Brunswick, 2019). D'autres régions ont offert des incitations financières aux propriétaires fonciers qui prennent des mesures pour protéger la qualité de l'eau, comme aux agriculteurs qui s'abstiennent de cultiver directement à côté des cours d'eau (Programme d'assainissement de l'eau, 2020).

L'approche consistant à protéger la santé contre les risques liés à la consommation d'eau au moyen de normes et de lignes directrices, qui repose sur des menaces familières et sur les expériences passées, risque de réduire la résilience face à des risques sanitaires inconnus ou inattendus, à moins que de nouvelles connaissances sur les risques liés aux changements climatiques ne soient intégrées à ces activités. En travaillant avec les intervenants pour appliquer une optique climatique à l'élaboration de lignes directrices, les vulnérabilités existantes peuvent être réduites et la résilience aux impacts futurs accrue. Les risques que posent les nouveaux agents pathogènes et virus pour la santé des Canadiens et des Canadiennes résultant des impacts des changements climatiques sur l'eau peuvent nécessiter le renforcement du contrôle et de la surveillance de la qualité de l'eau, ainsi que des capacités d'alerte rapide destinées à éclairer les interventions des exploitants des systèmes. Les secteurs de l'eau et de la santé publique devront aborder ce problème conjointement et s'associer à tous les ordres de gouvernement.

Tirer parti de l'intérêt de la collectivité pour la protection de la qualité de l'eau pour aider à éclairer les efforts de surveillance peut aider à améliorer la résilience. Par exemple, les collectivités autochtones du Canada sont exposées à de multiples vulnérabilités liées au réseau d'approvisionnement en eau. Les collectivités du Nord font face à des défis, comme la perte de pergélisol, la contamination des sources d'eau des étangs de toundra et la vulnérabilité des étangs d'épuration des villages aux aléas climatiques (Berner et coll., 2016; McKnight, 2017). Les collectivités sont conscientes que ces impacts climatiques sur des SAEP déjà soumis à des pressions peuvent entraîner une augmentation du risque de maladies d'origine hydrique à l'avenir. Conscient du fardeau croissant des maladies gastro-intestinales dans leur collectivité, un groupe de jeunes Inuits de Mittimatalik (Pond Inlet), avec le soutien des aînés et d'organismes de recherche, s'efforce d'appliquer le savoir inuit et les connaissances scientifiques pour évaluer les impacts des changements climatiques sur la qualité de l'eau locale et la santé humaine (Inuit Tapiriit Kanatami, 2019). De tels programmes communautaires de surveillance de l'eau ont le potentiel de contribuer à la planification de la résilience climatique des réseaux d'approvisionnement en eau partout au Canada et, dans certains cas, peuvent inciter les collectivités à mieux gérer les ressources en eau. En outre, il existe le Programme de formation itinérante, qui est un programme de perfectionnement des capacités à long terme qui offre des

services de formation et de mentorat aux exploitants de SAEP et de systèmes de traitement d'eaux usées issus des Premières Nations (Services aux Autochtones Canada, 2015).

Actuellement, la plupart des SAEP municipaux sont centralisés et extraient souvent de grands volumes d'eau d'une source unique située à une grande distance de la population qu'ils desservent. Le recours à une source unique est risqué, car une défaillance grave liée à cette source peut avoir des conséquences désastreuses (Boholm & Prutzer, 2017). En outre, les SAEP centralisés nécessitent de grandes quantités de produits chimiques pour le traitement et d'énergie pour le transport de l'eau, ainsi qu'une vaste infrastructure (Speight, 2018), et peuvent donc avoir des impacts sur l'environnement. Le passage à des systèmes moins centralisés qui intègrent plusieurs sources d'eau (p. ex., l'eau de pluie, les eaux ménagères et plusieurs petites réserves d'eau souterraine) et des zones de protection de l'eau supplémentaires peut donner lieu à des systèmes plus résilients qui pourraient contribuer à atténuer les risques associés aux impacts des changements climatiques sur les infrastructures vieillissantes (Boholm & Prutzer, 2017). Cela permettrait également d'atténuer les contraintes liées à la sécheresse, à la diminution du débit des cours d'eau et à l'épuisement des aquifères en permettant une meilleure utilisation des sources d'eau disponibles. La promotion de pratiques d'économie d'eau, telles que l'utilisation de douches et de toilettes à faible débit et l'utilisation des eaux ménagères et des eaux de pluie, peut également contribuer à réduire la consommation d'eau.

Dans certains cas, il y aura des limites à l'efficacité des grands changements d'utilisation des terres, des nouvelles infrastructures de protection (qu'elles soient fondées sur la nature ou traditionnelles) et des changements apportés aux SAEP ou aux activités des SAEP, et à la mesure dans laquelle ces changements peuvent être adoptés. Dans ces cas, l'élaboration, la promotion et l'adoption de systèmes d'alerte précoce assortis de communications sur les risques peuvent jouer un rôle important dans la prise en compte et la réduction des impacts des changements climatiques sur la santé (Wu et coll., 2016). Des systèmes d'alerte précoce ont été utilisés avec succès pour réduire les impacts des inondations (Alfieri et coll., 2012), des maladies infectieuses (Ogden et coll., 2019), des chaleurs extrêmes (voir le chapitre 10 : Adaptation et résilience des systèmes de santé) et d'autres aléas pour la santé, car ils permettent aux responsables de disposer d'un délai suffisant pour réagir aux menaces imminentes. Des progrès ont été réalisés en ce qui a trait à l'intégration des données climatiques et météorologiques dans les systèmes d'alerte relativement à certains impacts liés au climat (p. ex., Ogden et coll., 2019) dans le but de mieux préparer les responsables de la santé et les citoyens. Il est possible d'élargir les efforts visant à réduire les risques de maladies d'origine hydrique liées au climat, par exemple en surveillant l'interface humain-faune, notamment en utilisant des bioindicateurs afin de mesurer les impacts et les risques pour la santé humaine (p. ex., en surveillant la santé d'une espèce de poisson particulière) (Stephen et Duncan, 2017). Cela peut s'avérer particulièrement utile lorsqu'il s'agit d'évaluer les impacts sur la qualité de l'eau, notamment les efflorescences algales nuisibles (EAN).

Les systèmes d'alerte précoce ont tout à gagner à utiliser des outils qui présentent la distribution spatiale de l'exposition aux aléas liés au climat, les facteurs de vulnérabilité et les impacts sur la santé sous forme visuelle. Le Cadre fédéral de la cartographie des zones inondables (Ressources Naturelles Canada, 2018) a permis de mettre davantage l'accent sur la cartographie des inondations dans l'ensemble du Canada. À l'échelle locale et régionale, divers groupes se sont efforcés d'appliquer des approches novatrices pour mieux comprendre la variabilité des impacts des inondations dans les régions géographiques. Par exemple, au Québec, un partenariat entre l'Université Laval, Ouranos et l'Institut national de santé publique du Québec a

permis d'intégrer des indicateurs de vulnérabilité dans la cartographie des inondations, ce qui a fourni des informations précieuses aux autorités de santé et de gestion des urgences pour qu'elles puissent planifier des mesures d'intervention d'urgence (Ouranos, 2018).

## 7.6 Lacunes en matière de connaissances

Les impacts des changements climatiques sur la qualité, la quantité et la sécurité de l'eau sont complexes, et les connaissances à ce sujet présentent de nombreuses lacunes. La capacité de mesurer et de surveiller les impacts des changements climatiques sur les ressources en eau dans les divers écosystèmes et environnements socioculturels du Canada, en plus des résultats en matière de santé qui en découlent, sont des exigences fondamentales pour combler les principales lacunes dans les connaissances (tableau 7.5). Ces travaux sont essentiels à l'élaboration d'interventions efficaces permettant de renforcer la résilience et de réduire les impacts des changements climatiques sur la santé.

L'intégration du savoir autochtone dans les efforts de préparation et de riposte aux sources de perturbation d'origine climatique sur la qualité, la quantité et la sécurité de l'eau est un élément clé de la recherche nécessaire pour protéger la santé dans le contexte du climat en évolution. La recherche du point de vue des Premières Nations, des Inuits et des Métis fait défaut et nécessite une attention particulière. À ce jour, on constate un manque notable en ce qui concerne la recherche menée par les collectivités métisses ou en partenariat avec celles-ci. Les évaluations des impacts des changements climatiques et des efforts d'adaptation, ainsi que les politiques et programmes d'adaptation bénéficient de l'apport d'une large base de données probantes alimentée par des perspectives, des collectivités et des systèmes de connaissances différents. Le fait d'accroître la recherche sur le climat menée par des chercheurs inuits, métis et des Premières Nations profitera à tous les Canadiens et Canadiennes.

## Tableau 7.5 Principaux besoins de recherche liés aux effets sur la santé des impacts des changements climatiques sur la qualité, la quantité et la sécurité de l'eau

### INCIDENCE DES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU ET SUR LA SANTÉ HUMAINE

- Liens entre la température et les précipitations sur les divers régimes d'écoulement canadiens (p. ex., passage de régimes où il y a une présence abondante de neige à des régimes où il y a une présence abondante de pluie dans les bassins fluviaux)
- Impacts des changements dans la cryosphère sur les ressources en eau (p. ex., effets des changements de l'albédo sur le pergélisol et sur la qualité et la quantité de l'eau en aval)
- Effets des changements dans la cryosphère sur les rejets de charges de contaminants chimiques (p. ex., polluants organiques persistants et métaux lourds) et impacts subséquents sur les réserves d'eau et d'aliments
- Impacts des feux de forêt sur la qualité et la disponibilité des sources d'eau, et leur variation selon les écosystèmes forestiers
- Effets de l'acidification des océans et des eaux douces et du ruissellement des nutriments provenant des terres dans le contexte des changements climatiques (par exemple, adaptation dans le secteur agricole) sur les EAN

### GESTION DES RESSOURCES EN EAU ET PROTECTION DES SOURCES D'EAU

- Incidence des changements climatiques et des changements d'utilisation des terres sur l'alimentation de la nappe souterraine à court et à long terme
- Mesures efficaces pour protéger les SAEP contre la hausse des problèmes de santé liés aux inondations (p. ex., contamination bactérienne accrue)
- Impacts des sécheresses extrêmes prévues sur les ressources en eau et mesures d'adaptation les plus efficaces pour préserver la santé (capacité de stockage individuelle, échange de l'eau entre plusieurs administrations, etc.)
- Modèles efficaces de gouvernance, de gestion et de partenariats, y compris avec les collectivités des Premières Nations, des Inuits et des Métis.

---

## EAU POTABLE ET RÉSEAUX D'EAU POTABLE

---

- Facteurs qui rendent les réseaux d'approvisionnement en eau vulnérables aux précipitations de pluie extrêmes et mesures d'adaptation efficaces
- Conséquences pour la santé et contraintes éventuelles pour les SAEP liées aux impacts des feux de forêt sur les sources d'eau, surtout en ce qui concerne les sources d'eau potable non traitées (p. ex., l'« eau recueillie »)
- Adaptations rentables des SAEP pour faire face aux contaminants émergents (p. ex., les EAN), qui devraient être plus répandus en raison des changements climatiques

---

## SANTÉ PUBLIQUE ET SOINS DE SANTÉ

---

- Risques pour la santé associés à l'eau contaminée par des résidus de matériaux résidentiels, industriels et commerciaux brûlés à la suite de feux de forêt
- Risques sanitaires que posent les EAN, et la façon dont ils pourraient aggraver les changements climatiques
- Nouveaux agents pathogènes d'origine hydrique ou auparavant rares (p. ex., *Naegleria fowleri*, qui se déplace vers le nord) et mesures efficaces pour préserver la santé
- Impacts des changements touchant les populations d'animaux (p. ex., les oiseaux aquatiques) et d'autres populations servant de vecteurs dans la diffusion et la transmission des maladies d'origine hydrique à mesure que le climat continue de changer
- Risques pour la santé associés à la réutilisation de l'eau et mesures efficaces pour préserver la santé
- Technologies efficaces pour assurer la production d'eau potable dans un contexte futur de stress hydrique

---

## 7.7 Conclusion

La qualité, la quantité et la sécurité des ressources en eau du Canada sont touchées par les changements climatiques, ce qui augmente les risques pour la santé humaine. Les augmentations prévues des températures moyennes et extrêmes, ainsi que les événements de fortes précipitations, les sécheresses et les feux de forêt dans de nombreuses régions du Canada exerceront une pression accrue sur les ressources en eau dans les systèmes d'eau douce, marins et côtiers, ce qui entraînera des risques accrus pour la santé humaine. Une gamme d'agents pathogènes et de toxines sensibles au climat nuisent actuellement à la santé des Canadiens et des Canadiennes; il s'agit notamment des algues, des cyanobactéries, des virus entériques et des bactéries *Leptospira*, *Leptonema*, *Vibrio* et *Legionella*. En outre, le réchauffement progressif et la multiplication des événements extrêmes continueront d'exercer une pression sur les SAEP, ce qui pourrait entraîner la présence d'agents biologiques ou chimiques dans l'eau; et, par conséquent, l'exposition des

---





humains à ces agents par la consommation d'eau potable, la baignade, les loisirs ou les cérémonies. Les changements climatiques poseront des défis encore plus grands aux petits réseaux et aux réseaux ruraux. Les impacts futurs des changements climatiques sur la santé sont incertains en raison du manque de projections pour un grand nombre de ces résultats pour la santé et des voies complexes par lesquelles les personnes sont touchées, qui impliquent des facteurs sociaux et comportementaux.

Comme cela est le cas pour d'autres enjeux sanitaires liés aux changements climatiques, les données disponibles indiquent que certaines populations sont plus exposées à ces effets, notamment les enfants, les personnes âgées et les personnes atteintes de maladies chroniques. La santé et le bien-être de nombreux peuples et de nombreuses collectivités autochtones sont touchées de manière disproportionnée par les problèmes liés aux ressources en eau, qui peuvent résulter de divers facteurs, comme l'insuffisance de technologies de traitement de l'eau, des systèmes de distribution et de la modernisation, la contamination de l'eau causée par l'industrie locale et la difficulté à retenir les exploitants qualifiés des stations de traitement de l'eau. Les impacts des changements climatiques sur les sources d'eau vont exacerber les effets de ces défis si des adaptations supplémentaires ne sont pas mises en œuvre pour sauvegarder les ressources en eau et protéger la santé de ces collectivités. Les collectivités des Premières Nations, des Inuits et des Métis disposent d'un savoir acquis au fil de nombreuses générations qui, grâce à des partenariats équitables, pourraient être appliquées pour protéger la santé. Il est nécessaire de multiplier les partenariats que nous établissons avec les Premières Nations, les Inuits, les Métis, les autorités sanitaires et les gestionnaires de l'approvisionnement en eau afin de définir et de traiter les impacts sur la santé des populations autochtones des changements climatiques sur les ressources en eau et de mettre en œuvre des mesures d'adaptation efficaces à l'échelle des collectivités.

Si nous ne redoublons pas d'efforts pour nous adapter, la santé des Canadiens et des Canadiennes sera de plus en plus menacée par les changements climatiques. En s'efforçant de cerner à la fois les facteurs de vulnérabilité pour la santé publique et les options d'adaptation, les autorités sanitaires peuvent réduire ces nuisances et s'y adapter, et renforcer la résilience climatique des réseaux d'approvisionnement en eau. Bien que nous soyons aujourd'hui en mesure d'envisager certaines options d'adaptation, il est nécessaire d'intensifier les recherches pour comprendre l'ampleur des impacts actuels et futurs et l'efficacité des stratégies et des technologies d'adaptation. Pour évaluer l'efficacité des options d'adaptation, des recherches sont nécessaires pour déterminer les moyens les plus efficaces de surveiller les aléas pour la santé liés à l'eau. De plus, il faudrait explorer les projections des impacts futurs possibles sur la santé et les mesures proactives de communication des risques au public, par exemple au moyen de systèmes d'alerte précoce.



## 7.8 Références

- Abbott, L. P. (1986). *Vibrio vulnificus* in New Brunswick. *Canada Diseases Weekly Report*, 12-14, 57-8.
- Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). (2012). *Résumé de l'analyse des risques et maîtrise des points critiques (HACCP)*. Consulté sur le site: <<https://inspection.canada.ca/salubrite-alimentaire-pour-l-industrie/directives-archivées-sur-les-aliments/systemes-de-production-d-aliments-salubres/modeles-generiques-de-haccp-et-des-documents-d-ori/guide-chocolat-moule/fra/1362163599079/1362164529664?chap=15>>
- Ahern, M., Kovats, R. S., Wilkinson, P., Few, R., et Matthies, F. (2005). Global health impacts of floods: epidemiologic evidence. *Epidemiologic reviews*, 27, 36–46. <<https://doi.org/10.1093/epirev/mxi004>>
- Alderman, K., Turner, L. R., et Tong, S. (2012). Floods and human health: a systematic review. *Environment international*, 47, 37–47. <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.06.003>>
- Alexander, J., Benford, D., Cockburn, A., Cravedi, J., Dogliotti, E., Di Domenico, A., ... Verger, P. (2009). Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Marine Biotoxins in Shellfish – Saxitoxin Group. *The EFSA Journal*, 7(4), 1-76. <<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1019>>
- Alfieri, L., Salamon, P., Pappenberger, F., Wetterhall, F., et Thielen, J. (2012). Operational early warning systems for water-related hazards in Europe. *Environmental Science et Policy*, 21, 35-49.
- Anderson, D. M., Richlen, M. L., et Lefebvre, K. A. (2019). Harmful Algal Blooms in the Arctic. In E. Osborne, J. Richter-Menge, et M. Jeffries (Eds.), *Arctic Report Card: Update for 2018*. Consulté sur le site: <<https://arctic.noaa.gov/Report-Card/Report-Card-2018/ArtMid/7878/ArticleID/789/Harmful-Algal-Blooms-in-the-Arctic>>
- Andrey, J., Kertland, P., et Warren, F. J. (2014). Infrastructure hydraulique et infrastructure de transport. Dans F. J. Warren, et D. S. Lemmen (éds.), *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*. Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario).
- Aramini, J., McLean, M., Wilson, J., Holt, J., Copes, R., Allen, B., et Sears, W. (2000). Drinking water quality and health-care utilization for gastrointestinal illness in greater Vancouver. *Canada Communicable Disease Report = Relevé des Maladies Transmissibles au Canada*, 26(24), 211–214.
- Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). (2015). *AMAP Assessment 2015: Human Health in the Arctic*. Oslo, Norway.
- Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). (2017). *Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) 2017*. Oslo, Norway.
- Ashbolt, N. J. (2015). Microbial Contamination of Drinking Water and Human Health from Community Water Systems. *Current Environmental Health Reports*, 2(1), 95–106. <[DOI:10.1007/s40572-014-0037-5](https://doi.org/10.1007/s40572-014-0037-5)>
- Assemblée des Premières Nations (APN). (2013). *Strategy to protect and advance Indigenous water rights*. Ottawa, ON. Consulté sur le site: <<https://www.afn.ca/uploads/files/water/firsnationswaterstrategy.pdf>>
- Auld, H., MacIver, D., et Klaassen, J. (2004). Heavy rainfall and waterborne disease outbreaks: the Walkerton example. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A*, 67(20-22), 1879–1887. <<https://doi.org/10.1080/15287390490493475>>
- Autixier, L., Mailhot, A., Bolduc, S., Madoux-Humery, A. S., Galarneau, M., Prévost, M., et Dorner, S. (2014). Evaluating rain gardens as a method to reduce the impact of sewer overflows in sources of drinking water. *The Science of the Total Environment*, 499, 238–247. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.08.030>>
- Azuma, K., Ikeda, K., Kagi, N., Yanagi, U., Hasegawa, K., et Osawa, H. (2014). Effects of water-damaged homes after flooding: health status of the residents and the environmental risk factors. *International Journal of Environmental Health Research*, 24(2), 158–175. <<https://doi.org/10.1080/09603123.2013.800964>>
- Bäckström M. (2003). Grassed swales for stormwater pollution control during rain and snowmelt. *Water Science and Technology : a Journal of the International Association on Water Pollution Research*, 48(9), 123–132.
- Baker-Austin, C., Trinanes, J. A., Taylor, N. G. H., Hartnell, R., Siitonen, A., Martinez-Urtaza, J. (2013). Emerging *Vibrio* risk at high latitudes in response to ocean warming. *Nature Climate Change*, 3, 73-77. <<https://doi.org/10.1038/nclimate1628>>
- Bakker, K., et Cook, C. (2011). Water governance in Canada: Innovation and fragmentation. *Water Resources Development*, 27(02), 275-289.
- Banerjee, S. K., Rutley, R., et Bussey, J. (2018). Diversity and Dynamics of the Canadian Coastal *Vibrio* Community: an Emerging Trend Detected in the Temperate Regions. *Journal of Bacteriology*, 200(15), e00787-17. <<https://doi.org/10.1128/JB.00787-17>>
- Bell, J. (2019). Iqaluit seeks new emergency fix for another looming water shortage. *Nunatsiaq News*. Consulté sur le site: <<https://nunatsiaq.com/stories/article/iqaluit-seeks-new-emergency-fix-for-another-looming-water-shortage/>>

- Bellou, M., Kokkinos, P., et Vantarakis, A. (2013). Shellfish-borne viral outbreaks: a systematic review. *Food and Environmental Virology*, 5(1), 13–23. <<https://doi.org/10.1007/s12560-012-9097-6>>
- Berner, J., Brubaker, M., Revitch, B., Kreummel, E., Tcheripanoff, M., et Bell, J. (2016). Adaptation in Arctic circumpolar communities: food and water security in a changing climate. *International Journal of Circumpolar Health*, 75, 33820. <<https://doi.org/10.3402/ijch.v75.33820>>
- Berry, P., Clarke, K., Fleury, M. D. et Parker, S. (2014a). Santé humaine. Dans F. J. Warren, et D. S. Lemmen (éds.), *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation* (pp. 191-232). Ressources naturelles Canada, Ottawa(Ontario). Consulté sur le site: <[https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Chapitre7-Sante-humaine\\_Fra.pdf](https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Chapitre7-Sante-humaine_Fra.pdf)>
- Berry, P., Enright, P. M., Shumake-Guillemot, J., Villalobos Prats, E., et Campbell-Lendrum, D. (2018). Assessing Health Vulnerabilities and Adaptation to Climate Change: A Review of International Progress. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(12), 2626. <<https://doi.org/10.3390/ijerph15122626>>
- Berry, P., Paterson, J., et Buse, C. (2014b). *Assessment of vulnerability to the health impacts of climate change in Middlesex-London*. London, ON: Middlesex-London Health Unit. Consulté sur le site: <<https://www.healthunit.com/climate-change>>
- Bertuzzo, E., Mari, L., Righetto, L., Gatto, M., Casagrandi, R., Rodriguez-Iturbe, I., et Rinaldo, A. (2012). Hydroclimatology of dual-peak annual cholera incidence: Insights from a spatially explicit model. *Geophysical Research Letters*, 39(5). doi: 10.1029/2011GL050723.
- Bharadwaj, L., et Bradford, L. (2018). Indigenous water poverty: Impacts beyond physical health. In H. Exner-Pirot, B. Norbye, et L. Butler (Eds.), *Northern and Indigenous health and healthcare*. Saskatoon, SK: University of Saskatchewan.
- Bigham, M., Galanis, E., Gustafson, R., Hoang, L., Louie, K., Faremo, A., McIntyre, L., Isaac-Renton, J., Daly, P., Gustafson, L., Wong, B., Chong, S., Stone, J., et Rodriguez-Maynez, L. (2008). *Re-emergence of Pathogenic Vibrio Vulnificus on the Pacific Northwest Coast in 2007*. Vancouver, BC: Association of Medical Microbiology and Infectious Disease Canada. Consulté sur le site: <<http://www.cacmid.ca/wp-content/uploads/2008finalprogram1.pdf>>
- BluePlan Engineering. (2019). *Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes de 2019: Suivi de l'état des infrastructures publiques essentielles du Canada*. Consulté sur le site: <<http://canadianinfrastructure.ca/downloads/bulletin-rendement-infrastructures-canadiennes-2019.pdf>>
- Boholm, Å., et Prutzer, M. (2017). Experts' understandings of drinking water risk management in a climate change scenario. *Climate Risk Management*, 16, 133–144. doi:10.1016/j.crm.2017.01.003
- Bonsal, B. R., Peters, D. L., Seglenieks, F., Rivera, A., et Berg, A. (2019). Évolution de la disponibilité de l'eau douce au Canada. Dans *Rapport sur le climat changeant du Canada*, E. Bush et D.S. Lemmen (éds.), (p. 261–342). Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario).
- Botana, L. M. (2016). Toxicological Perspective on Climate Change: Aquatic Toxins. *Chemical Research in Toxicology*, 29(4), 619–625. <<https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.6b00020>>
- Brettle, M., Berry, P., Paterson, J., et Yasvinski, G. (2015). Determining Canadian water utility preparedness for the impacts of climate change. *Change and Adaptation in Socio-Ecological Systems*, 2(1). doi: 10.1515/cass-2015-0024.
- British Columbia Centre for Disease Control (BC CDC). (2020). *Vibrio parahaemolyticus*. Consulté sur le site: <<http://www.bccdc.ca/health-info/diseases-conditions/vibrio-parahaemolyticus>>
- Britton, E., Hales, S., Venugopal, K., et Baker, M. G. (2010). Positive association between ambient temperature and salmonellosis notifications in New Zealand, 1965–2006. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 34(2), 126-129. doi:10.1111/j.1753-6405.2010.00495.x
- Burkhardt, W., 3rd, et Calci, K. R. (2000). Selective accumulation may account for shellfish-associated viral illness. *Applied and environmental microbiology*, 66(4), 1375–1378. <<https://doi.org/10.1128/AEM.66.4.1375-1378.2000>>
- Bush, E., et Lemmen, D. (éds.). (2019). *Rapport sur le climat changeant du Canada*. Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario). Consulté sur le site: <[https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/energy/Climate-change/pdf/RCCC\\_FULLREPORT-FR-FINAL.pdf](https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/energy/Climate-change/pdf/RCCC_FULLREPORT-FR-FINAL.pdf)>
- Campos, C. J., et Lees, D. N. (2014). Environmental transmission of human noroviruses in shellfish waters. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(12), 3552–3561. <<https://doi.org/10.1128/AEM.04188-13>>
- Canadian Broadcasting Corporation (CBC). (2012). Shellfish harvesting banned off most of N.S. *CBC News*. Consulté sur le site: <<https://www.cbc.ca/news/canada/nova-scotia/shellfish-harvesting-banned-off-most-of-n-s-1.1138561>>
- Canadian Broadcasting Corporation (CBC). (2019). Officials Offer Food Safety Advice as Herring egg Harvest Opens on Vancouver Island. *CBC News*. Consulté sur le site: <<https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/herring-egg-harvest-vancouver-island-food-safety-1.5039174>>



- 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. doi:10.1016/j.hal.2016.02.00.
- Canadian Council of Professional Engineers (CCPE). (2008). *Adapting to Climate Change: Canada's First National Engineering Vulnerability Assessment of Public Infrastructure*. Canadian Council of Professional Engineers. Consulté sur le site: <[https://pievc.ca/wp-content/uploads/2020/12/adapting\\_to\\_climate\\_change\\_report\\_final.pdf](https://pievc.ca/wp-content/uploads/2020/12/adapting_to_climate_change_report_final.pdf)>
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) et United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). (2015). *The Human Cost of Weather Related Disasters 1995–2015*. Geneva, Switzerland. Consulté sur le site: <[https://www.preventionweb.net/files/46796\\_cop21weatherdisastersreport2015.pdf](https://www.preventionweb.net/files/46796_cop21weatherdisastersreport2015.pdf)>
- Charrois J. W. (2010). Private drinking water supplies: challenges for public health. *Canadian Medical Association Journal = Journal de l'Association Médicale Canadienne*, 182(10), 1061–1064. <<https://doi.org/10.1503/cmaj.090956>>
- Charron, D., Thomas, M., Waltner-Toews, D., Aramini, J., Edge, T., Kent, R., Maarouf, A., et Wilson, J. (2004). Vulnerability of waterborne diseases to climate change in Canada: a review. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A*, 67(20-22), 1667–1677. <<https://doi.org/10.1080/15287390490492313>>
- Chhetri, B. K., Takaro, T. K., Balshaw, R., Otterstatter, M., Mak, S., Lem, M., Zubel, M., Lysyshyn, M., Clarkson, L., Edwards, J., Fleury, M. D., Henderson, S. B., et Galanis, E. (2017). Associations between extreme precipitation and acute gastrointestinal illness due to cryptosporidiosis and giardiasis in an urban Canadian drinking water system (1997-2009). *Journal of Water and Health*, 15(6), 898–907. <<https://doi.org/10.2166/wh.2017.100>>
- Clean Water Program. (2020). *Clean Water Program*. Consulté sur le site: <<https://www.cleanwaterprogram.ca/>>
- Comité permanent de la défense nationale du parlement du Canada. (2019). *Le rôle du Canada dans les opérations de paix internationales et la résolution des conflits: Rapport du Comité permanent de la défense nationale*. Consulté sur le site: <<https://publications.gc.ca/site/fra/9.873691/publication.html>>
- Commission mixte internationale (CMI). (2017). *Human Health Effects of Cyanobacterial Toxins in the Great Lakes Region: A Science and Monitoring Assessment*. Consulté sur le site: <<https://www.ijc.org/sites/default/files/2019-04/HPABAlgalBloomFinal.pdf>>
- Compton, M., Willis, S., Rezaie, B., et Humes, K. (2018). Food processing industry energy and water consumption in the Pacific Northwest. *Innovative Food Science et Emerging Technologies*, 47, 371-383.
- Conservation Ontario. (n.d.). *History of Conservation Authorities*. Consulté sur le site: <<https://conservationontario.ca/conservation-authorities/about-conservation-authorities/history-of-conservation-authorities>>
- Cook, A., Lowther, J., Price-Hayward, M., Lee, R. (2009). *Spatial and temporal pattern of norovirus contamination in a Pacific oyster fishery* (P. Lassus, Ed.). Seventh International Conference on Molluscan Shellfish Safety. Nantes, France.
- Cook, C., Gavin, H., Berry, P., Guillod, B., Lange, B., Rey Vicario, D., et Whitehead, P. (2017). *Drought planning in England: a primer*. Environmental Change Institute.
- Cook, D. W., Bowers, J. C., et DePaola, A. (2002). Density of total and pathogenic (tdh+) *Vibrio parahaemolyticus* in Atlantic and Gulf coast molluscan shellfish at harvest. *Journal of Food Protection*, 65(12), 1873–1880. <<https://doi.org/10.4315/0362-028x-65.12.1873>>
- Corso, P. S., Kramer, M. H., Blair, K. A., Addiss, D. G., Davis, J. P., et Haddix, A. C. (2003). Costs of Illness in the 1993 Waterborne Cryptosporidium Outbreak, Milwaukee, Wisconsin. *Emerging Infectious Diseases*, 9(4), 426-431. <<https://doi.org/10.3201/eid0904.020417>>
- Cowichan Watershed Board (CWB). (2018). *Governance Manual – Version 3*. Consulté sur le site: <<https://cowichanwatershedboard.ca/wp-content/uploads/2019/08/CWB-Gov-Manual-Version3-Sept-24-2018.pdf>>
- Curriero, F. C., Patz, J. A., Rose, J. B., et Lele, S. (2001). The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *American Journal of Public Health*, 91(8), 1194–1199. <<https://doi.org/10.2105/ajph.91.8.1194>>
- Curry, C. L., Islam, S. U., Zwiers, F. W., et Déry, S. J. (2019). Atmospheric Rivers Increase Future Flood Risk in Western Canada's Largest Pacific River. *Geophysical Research Letters*, 46(3), 1651-1661. <<https://doi.org/10.1029/2018GL080720>>
- Curtis, P., et Gillis, H. (Eds.). (2016). *Annual Report Fort McMurray Waterworks System Approval*. Edmonton, AB: Alberta Environment and Parks.
- Daley, K., Castleden, H., Jamieson, R., Furgal, C., et Ell, L. (2014). Municipal water quantities and health in Nunavut households: an exploratory case study in Coral Harbour, Nunavut, Canada. *International journal of circumpolar health*, 73(1), 23843.
- Daley, K., Hansen, L. T., Jamieson, R. C., Hayward, J. L., Piorkowski, G. S., Krkosek, W.,... et Corriveau, E. (2018). Chemical and microbial characteristics of municipal drinking water supply systems in the Canadian Arctic. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(33), 32926-32937.



- Dancause, K. N., Veru, F., Andersen, R. E., Laplante, D. P., et King, S. (2013). Prenatal stress due to a natural disaster predicts insulin secretion in adolescence. *Early Human Development*, 89(9), 773–776. <<https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2013.06.006>>
- Deeds, J. R., Wiles, K., Heideman, G. B., 6th, White, K. D., et Abraham, A. (2010). First U.S. report of shellfish harvesting closures due to confirmed okadaic acid in Texas Gulf coast oysters. *Toxicon : official Journal of the International Society on Toxinology*, 55(6), 1138–1146. <<https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2010.01.003>>
- Delpla, I., Jung, A.-V., Baures, E., Clement, M., et Thomas, O. (2009). Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment International*, 35(8), 1225–1233. doi: 10.1016/j.envint.2009.07.001
- DePaola, A., Jones, J. L., Woods, J., Burkhardt, W., 3rd, Calci, K. R., Krantz, J. A., Bowers, J. C., Kasturi, K., Byars, R. H., Jacobs, E., Williams-Hill, D., et Nabe, K. (2010). Bacterial and viral pathogens in live oysters: 2007 United States market survey. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(9), 2754–2768. <<https://doi.org/10.1128/AEM.02590-09>>
- 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. Dans *Rapport sur le climat changeant du Canada*, E. Bush et D. S. Lemmen (éd.), (p.194–260). Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario).
- De Roos, A. J., Gurian, P. L., Robinson, L. F., Rai, A., Zakeri, I., et Kondo, M. C. (2017). Review of Epidemiological Studies of Drinking-Water Turbidity in Relation to Acute Gastrointestinal Illness. *Environmental Health Perspectives*, 125(8), 086003. <<https://doi.org/10.1289/EHP1090>>
- Dickson, S., Webber, S., et Takaro, T. K. (2014). *Preparing BC for Climate Migration*. Vancouver, BC: Canadian Centre for Policy Alternatives. Consulté sur le site: <[https://www.policyalternatives.ca/sites/default/files/uploads/publications/BC%20Office/2014/11/ccpa-bc\\_ClimateMigration\\_web.pdf](https://www.policyalternatives.ca/sites/default/files/uploads/publications/BC%20Office/2014/11/ccpa-bc_ClimateMigration_web.pdf)>
- Doocy, S., Daniels, A., Packer, C., Dick, A., et Kirsch, T. D. (2013). The human impact of earthquakes: a historical review of events 1980-2009 and systematic literature review. *PLoS currents*, 5, ecurrents.dis.67bd14fe457f1db0b5433a8ee20fb833. <<https://doi.org/10.1371/currents.dis.67bd14fe457f1db0b5433a8ee20fb833>>
- Doyle, A., Barataud, D., Gallay, A., Thiolet, J. M., Le Guyaguer, S., Kohli, E., et Vaillant, V. (2004). Norovirus foodborne outbreaks associated with the consumption of oysters from the Etang de Thau, France, December 2002. *Euro Surveillances : Bulletin Européen sur les Maladies Transmissibles = European Communicable Disease Bulletin*, 9(3), 24–26. <<https://doi.org/10.2807/esm.09.03.00451-en>>
- Ebi, K., Anderson, V., Berry, P., Paterson, J., et Yusa, A. (2016). *Directives de l'Ontario relatives à l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation de la santé face au changement climatique*. Toronto, Ontario: Ministère de la Santé et des Soins de longue durée de l'Ontario Direction des politiques et des programmes de santé publique.
- Edwards, B., Gray, M., et Hunter, B. (2015). The Impact of Drought on Mental Health in Rural and Regional Australia. *Social Indicators Research*, 121, 177–194. doi:10.1007/s11205-014-0638-2
- Emelko, M.B., Silins, U., Bladon, K.D., et Stone, M. (2011). Implications of land disturbance on drinking water treatability in a changing climate: Demonstrating the need for “source water supply and protection” strategies. *Water Research*, 45(2), 461–472.
- Emelko, M. B., Stone, M., Silins, U., Allin, D., Collins, A. L., Williams, C. H., Martens, A. M., et Bladon, K. D. (2016). Sediment-phosphorus dynamics can shift aquatic ecology and cause downstream legacy effects after wildfire in large river systems. *Global Change Biology*, 22(3), 1168–1184. <<https://doi.org/10.1111/gcb.13073>>
- Environnement et changement climatique Canada (ECCC). (2016). *Législation et gouvernance de l'eau : une responsabilité partagée* Consulté sur le site: <<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/eau-aperçu-legislation-gouvernance/responsabilite-partagee.html>>
- Etheridge S. M. (2010). Paralytic shellfish poisoning: seafood safety and human health perspectives. *Toxicon : Official Journal of the International Society on Toxinology*, 56(2), 108–122. <<https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.12.013>>
- Feldhusen F. (2000). The role of seafood in bacterial foodborne diseases. *Microbes and Infection*, 2(13), 1651–1660. <[https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(00\)01321-6](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(00)01321-6)>
- Finnis, S., Krstic, N., McIntyre, L., Nelson, T. A., et Henderson, S. B. (2017). Spatiotemporal patterns of paralytic shellfish toxins and their relationships with environmental variables in British Columbia, Canada from 2002 to 2012. *Environmental Research*, 156, 190–200. <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.012>>
- Ford, J. D., Berrang-Ford, L., King, M., et Furgal, C. (2010). Vulnerability of Aboriginal health systems in Canada to climate change. *Global Environmental Change*, 20(4), 668-680.
- Ford, J. D., Gough, W. A., Laidler, G. J., Macdonald, J., Irngaut, C., et Grunnet, K. (2009). Sea ice, climate change, and community vulnerability in northern Foxe Basin, Canada. *Climate research*, 38(2), 137-154.
- Fyfe, M., Yeung, S. T., Daly, P., Schallie, K., Kelly, M. T., et Buchanan, S. (1997). Outbreak of *Vibrio parahaemolyticus* related to raw oysters in British Columbia. *Canada Communicable Disease Report = Relevé des Maladies Transmissibles au Canada*, 23(19), 145–148.

- Galanis, E., Mak, S., Otterstatter, M., Taylor, M., Zubel, M., Takaro, T. K., Kuo, M., et Michel, P. (2014). The association between campylobacteriosis, agriculture and drinking water: a case-case study in a region of British Columbia, Canada, 2005-2009. *Epidemiology and Infection*, 142(10), 2075-2084. <<https://doi.org/10.1017/S095026881400123X>>
- Galway, L. P., Allen, D. M., Parkes, M. W., et Takaro, T. K. (2014). Seasonal variation of acute gastro-intestinal illness by hydroclimatic regime and drinking water source: a retrospective population-based study. *Journal of Water and Health*, 12(1), 122-135. <<https://doi.org/10.2166/wh.2013.105>>
- Gargano, J. W., Freeland, A. L., Morrison, M. A., Stevens, K., Zajac, L., Wolkon, A., Hightower, A., Miller, M. D., et Brunkard, J. M. (2015). Acute gastrointestinal illness following a prolonged community-wide water emergency. *Epidemiology and Infection*, 143(13), 2766-2776. <<https://doi.org/10.1017/S0950268814003501>>
- Gascon, M., Zijlema, W., Vert, C., White, M. P., et Nieuwenhuijsen, M. J. (2017). Outdoor blue spaces, human health and well-being: A systematic review of quantitative studies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220(8), 1207-1221. <<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.08.004>>
- Genivar. (2007). *City of Portage La Prairie water resources infrastructure assessment phase II- pilot study*. Consulté sur le site: <[https://pievc.ca/wp-content/uploads/2007/11/City-of-Portage-la-Prairie\\_Final-Report.pdf](https://pievc.ca/wp-content/uploads/2007/11/City-of-Portage-la-Prairie_Final-Report.pdf)>
- George, J. (2019). City of Iqaluit says climate change is contributing to its water pipe woes. *Nunatsiaq News*. Consulté sur le site: <<https://nunatsiaq.com/stories/article/city-of-iqaluit-says-climate-change-is-contributing-to-its-water-pipe-woes/>>
- Gérin-Lajoie, J., Herrmann, T. M., MacMillan, G. A., Hébert-Houle, É., Monfette, M., Rowell, J. A., ... Dedieu, J. P. (2018). IMALIRIJIT: a community-based environmental monitoring program in the George River watershed, Nunavik, Canada. *Écoscience*, 25(4), 381-399.
- Gleick, P., Iceland, C., et Trivedi, A. (2020). *Ending Conflicts over Water*. World Resources Institute. Consulté sur le site: <<https://files.wri.org/d8/s3fs-public/ending-conflicts-over-water.pdf>>
- Glibert, P. M., Icarus Allen, J., Artioli, Y., Beusen, A., Bouwman, L., Harle, J., Holmes, R., et Holt, J. (2014). Vulnerability of coastal ecosystems to changes in harmful algal bloom distribution in response to climate change: projections based on model analysis. *Global Change Biology*, 20(12), 3845-3858. <<https://doi.org/10.1111/gcb.12662>>
- Gobler, C. J., Doherty, O. M., Hattenrath-Lehmann, T. K., Griffith, A. W., Kang, Y., et Litaker, R. W. (2017). Ocean warming since 1982 has expanded the niche of toxic algal blooms in the North Atlantic and North Pacific oceans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(19), 4975-4980. <<https://doi.org/10.1073/pnas.1619575114>>
- Goldhar, C., Bell, T., et Wolf, J. (2013a). Rethinking existing approaches to water security in remote communities: an analysis of two drinking water systems in Nunatsiavut, Labrador, Canada. *Water Alternatives*, 6(3), 462.
- Goldhar C., Bell T., et Wolf J. (2013b). Vulnerability to Freshwater Changes in the Inuit Settlement Region of Nunatsiavut, Labrador: A Case Study from Rigolet. *ARCTIC*, 67(1), 1-133. <<https://doi.org/10.14430/arctic4365>>
- Gomph, S. G., et Garcia, C. (2019). Lethal encounters: The evolving spectrum of amoebic meningoencephalitis. *IDCases*, 15, e00524. <<https://doi.org/10.1016/j.idcr.2019.e00524>>
- Gouvernement du Canada. (2020). *ADAPTATIONSanté*. Consulté sur le site: <<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/programmes/adaptation-sante.html>>
- Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest (GTNO). (2016). *Stratégie sur la gestion des eaux des TNO: plan d'action 2016 à 2020*. Consulté sur le site: <[https://www.enr.gov.nt.ca/fr/services/gestion-et-suivi-de-leau/gestion-des-eaux-aux-tno/#\\_msocom\\_1](https://www.enr.gov.nt.ca/fr/services/gestion-et-suivi-de-leau/gestion-des-eaux-aux-tno/#_msocom_1)>
- Grattan, L. M., Boushey, C. J., Liang, Y., Lefebvre, K. A., Castellon, L. J., Roberts, K. A., Toben, A. C., et Morris, J. G. (2018). Repeated Dietary Exposure to Low Levels of Domoic Acid and Problems with Everyday Memory: Research to Public Health Outreach. *Toxins*, 10(3), 103. <<https://doi.org/10.3390/toxins10030103>>
- Greck and Associates Limited. (2018). *MVCA Gorrie Dam Future Plans Study*. Prepared for Maitland Valley Conservation Authority. Consulté sur le site: <<http://www.mvca.on.ca/wp-content/uploads/2018/11/Gorrie-Dam-Future-Plans-Study-Nov.-2018.pdf>>
- Grey Bruce Health Unit. (2017). *Climate Change and Public Health in Grey Bruce Health Unit: Current conditions and future projections*. Owen Sound, ON: Grey Bruce Health Unit. Consulté sur le site: <[https://www1.publichealthgreybruce.on.ca/Portals/0/Topics/Healthy\\_Environments/Climate%20Change%20in%20GBHU%20-%20Report%20%282017%29.pdf](https://www1.publichealthgreybruce.on.ca/Portals/0/Topics/Healthy_Environments/Climate%20Change%20in%20GBHU%20-%20Report%20%282017%29.pdf)>
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* (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, Eds.). Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Guehlstorf, N., et Hallstrom, L. K. (2012). Environmental Reviews and Case Studies: Participatory Watershed Management: A Case Study from Maritime Canada. *Environmental Practice*, 14(2), 143-153.



- Haley, B. J., Kokashvili, T., Tskshvediani, A., Janelidze, N., Mitaishvili, N., Grim, C. J., Constantin de Magny, G., Chen, A. J., Taviani, E., Eliashvili, T., Tediashvili, M., Whitehouse, C. A., Colwell, R. R., et Huq, A. (2014). Molecular diversity and predictability of *Vibrio parahaemolyticus* along the Georgian coastal zone of the Black Sea. *Frontiers in Microbiology*, 5, 45. <<https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00045>>
- Hallema, D. W., Robinne, F. N., et Bladon, K. D. (2018). Reframing the challenge of global wildfire threats to water supplies. *Earth's Future*, 6(6), 772-776.
- Harper, A. R., Doerr, S. H., Santin, C., Froyd, C. A., et Sinnadurai, P. (2018). Prescribed fire and its impacts on ecosystem services in the UK. *The Science of the total Environment*, 624, 691–703. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.161>>
- Harper, S. L., Edge, V. L., Schuster-Wallace, C. J., Berke, O., et McEwen, S. A. (2011). Weather, water quality and infectious gastrointestinal illness in two Inuit communities in Nunatsiavut, Canada: potential implications for climate change. *EcoHealth*, 8(1), 93–108. <<https://doi.org/10.1007/s10393-011-0690-1>>
- Henstra, D., et Thistlethwaite, J. (2017). *Flood Risk Management: What Is the Role for the Government of Canada?* Centre for International Governance Innovation. Consulté sur le site: <[https://www.cigionline.org/sites/default/files/documents/Policy%20Brief%20No.103\\_0.pdf](https://www.cigionline.org/sites/default/files/documents/Policy%20Brief%20No.103_0.pdf)>
- Heymann, D. (Ed.). (2015). *Control of Communicable Diseases Manual* (20<sup>th</sup> ed.). Washington, DC: APHA Press.
- Hilborn, E. D., et Beasley, V. R. (2015). One health and cyanobacteria in freshwater systems: animal illnesses and deaths are sentinel events for human health risks. *Toxins*, 7(4), 1374–1395. <<https://doi.org/10.3390/toxins7041374>>
- Hori, Y., Cheng, V. Y., Gough, W. A., Jien, J. Y., et Tsuji, L. J. (2018). Implications of projected climate change on winter road systems in Ontario's Far North, Canada. *Climatic Change*, 148(1-2), 109-122.
- Hovelsrud, G. K., Poppel, B., van Oort, B., et Reist, J. D. (2011). Arctic Societies, Cultures, and Peoples in a Changing Cryosphere. *Ambio*, 40(Suppl 1), 100–110. <<https://doi.org/10.1007/s13280-011-0219-4>>
- Hrudey, S. E., et Hrudey, E. (2004). *Safe Drinking Water: Lessons from Recent Outbreaks in Affluent Nations*. London, United Kingdom: IWA Publishing.
- Hrudey, S. E., Payment, P., Huck, P. M., Gillham, R. W., et Hrudey, E. J. (2003). A fatal waterborne disease epidemic in Walkerton, Ontario: comparison with other waterborne outbreaks in the developed world. *Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research*, 47(3), 7–14.
- Hulin, M., Simoni, M., Viegi, G., et Annesi-Maesano, I. (2012). Respiratory health and indoor air pollutants based on quantitative exposure assessments. *The European Respiratory Journal*, 40(4), 1033–1045. <<https://doi.org/10.1183/09031936.00159011>>
- Hunter, P. R., et Thompson, R. C. (2005). The zoonotic transmission of *Giardia* and *Cryptosporidium*. *International Journal for Parasitology*, 35(11-12), 1181–1190. <<https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2005.07.009>>
- Il Jeong, D., et Sushama, L. (2018). Rain-on-snow events over North America based on two Canadian regional climate models. *Climate Dynamics*, 50(1-2), 303–316. doi:10.1007/s00382-017-3609-x
- Inuit Tapiriit Kanatami (ITK). (2019). Stratégie nationale inuite sur les changements climatiques. Consulté sur le site: <[https://www.itk.ca/wp-content/uploads/2019/05/ITK\\_Climate-Change-Strategy\\_French-Online.pdf](https://www.itk.ca/wp-content/uploads/2019/05/ITK_Climate-Change-Strategy_French-Online.pdf)>
- Jagai, J. S., Griffiths, J. K., Kirshen, P. K., Webb, P., et Naumova, E. N. (2012). Seasonal patterns of gastrointestinal illness and streamflow along the Ohio River. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(5), 1771–1790. <<https://doi.org/10.3390/ijerph9051771>>
- Jalliffier-Verne, I., Leconte, R., Huaranga-Alvarez, U., Madoux-Humery, A. S., Galarneau, M., Servais, P., Prévost, M., 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. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.11.059>>
- Jung, Y., Jang, H., et Matthews, K. R. (2014). Effect of the food production chain from farm practices to vegetable processing on outbreak incidence. *Microbial Biotechnology*, 7(6), 517–527. <<https://doi.org/10.1111/1751-7915.12178>>
- Kang, D. H., Shi, X., Gao, H., Déry, S. J. (2014). On the changing contribution of snow to the hydrology of the Fraser River Basin, Canada. *Journal of Hydrometeorology*, 15(4), 1344-1365.
- Kapos, V., Wicander, S., Salvaterra, T., Dawkins, K., et Hicks, C. (2019). *The Role of the Natural Environment in Adaptation, Background Paper for the Global Commission on Adaptation*. Washington, DC: Global Commission on Adaptation.
- Kelly, M. T. (1991). Pathogenic Vibrionaceae in patients and the environment. *Undersea Biomedical Research*, 18(3), 193-6.
- Khaira, G., et Galanis, E. (2007). Descriptive epidemiology of *Vibrio parahaemolyticus* and other *Vibrio* species infections in British Columbia: 2001-2006. *Canada Communicable Disease Report = Relevé des Maladies Transmissibles au Canada*, 33(11), 12–22.
- Khan, S. J., Deere, D., Leusch, F. D., Humpage, A., Jenkins, M., et Cunliffe, D. (2015). Extreme weather events: Should drinking water quality management systems adapt to changing risk profiles?. *Water research*, 85, 124–136. <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.08.018>>





- Kim, S., Chu, K. H., Al-Hamadani, Y. A. J., Park, C. M., Jang, M., Kim, D.-H., Yu, M., Heo, J., Yoon, Y. (2018). Removal of contaminants of emerging concern by membranes in water and wastewater: A review. *Chemical Engineering Journal*, 335(1), 896–914. doi:10.1016/j.cej.2017.11.044
- Kinney, P. L., Matte, T., Knowlton, K., Madrigano, J., Petkova, E., Weinberger, K., Quinn, A., Arend, M., et Pullen, J. (2015). New York City Panel on Climate Change 2015 Report. Chapter 5: Public health impacts and resiliency. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1336, 67–88. <<https://doi.org/10.1111/nyas.12588>>
- Kirby, R. M., Bartram, J., et Carr, R. (2003). Water in food production and processing: quantity and quality concerns. *Food Control*, 14(5), 283-299.
- Klassen, J., et Allen, D. M. (2017). Assessing the risk of saltwater intrusion in coastal aquifers. *Journal of Hydrology*, 551, 730–745. doi:10.1016/j.jhydrol.2017.02.044
- Kleywegt, S., Pileggi, V., Yang, P., Hao, C., Zhao, X., Rocks, C., Thach, S., Cheung, P., et Whitehead, B. (2011). Pharmaceuticals, hormones and bisphenol A in untreated source and finished drinking water in Ontario, Canada—occurrence and treatment efficiency. *The Science of the Total Environment*, 409(8), 1481–1488. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.01.010>>
- Konrad, S., Paduraru, P., Romero-Barrios, P., Henderson, S. B., et Galanis, E. (2017). Remote sensing measurements of sea surface temperature as an indicator of *Vibrio parahaemolyticus* in oyster meat and human illnesses. *Environmental Health*, 16(1), 92. <<https://doi.org/10.1186/s12940-017-0301-x>>
- Kovacs, P., et Sandink, D. (2013). *Best Practices for Reducing the Risk of Future Damage to Homes from Riverine and Urban Flooding: A Report on Recovery and Rebuilding in Southern Alberta*. Toronto, ON: Institute for Catastrophic Loss Reduction. Consulté sur le site: <[http://www.iclr.org/images/Alberta\\_flood\\_risk\\_2013\\_PDF.pdf](http://www.iclr.org/images/Alberta_flood_risk_2013_PDF.pdf)>
- Kovats, R. S., et Akhtar, R. (2008). Climate, climate change and human health in Asian cities. *Environment and Urbanization*, 20(1), 165–175. doi:10.1177/0956247808089154
- Lake, I. R., Bentham, G., Kovats, R. S., et Nichols, G. L. (2005). Effects of weather and river flow on cryptosporidiosis. *Journal of Water and Health*, 3(4), 469–474. <<https://doi.org/10.2166/wh.2005.048>>
- Lal, A., Baker, M. G., Hales, S., et French, N. P. (2013). Potential effects of global environmental changes on cryptosporidiosis and giardiasis transmission. *Trends in Parasitology*, 29(2), 83–90. <<https://doi.org/10.1016/j.pt.2012.10.005>>
- Lam, K. L., Stokes-Draut, J. R., Horvath, A., Lane, J. L., Kenway, S. J., et Lant, P. A. (2017). Life-cycle energy impacts for adapting an urban water supply system to droughts. *Water Research*, 127, 139–149. <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.10.016>>
- Le Conseil canadien des ministres de l'environnement. (2016). *Synthèse des approches de gestion intégrée par bassin versant au Canada*. Consulté sur le site: <<https://ccme.ca/fr/res/synthesedesapprochesdegestionintegreparsbassinversantaucanada.pdf>>
- Le Guyader, F., Haugarreau, L., Miossec, L., Dubois, E., et Pommepey, M. (2000). Three-year study to assess human enteric viruses in shellfish. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(8), 3241–3248. <<https://doi.org/10.1128/AEM.66.8.3241-3248.2000>>
- Lemmen, D., et Warren, F. (éd.). (2004). *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques: perspective canadienne*. Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario)
- Levinson, M., Whelan, M., et Butler, A. (2017). *A Changing Climate: Assessing Health Impacts et Vulnerabilities Due to Climate Change within Simcoe Muskoka*. Barrie, ON: Simcoe-Muskoka District Health Unit.
- Levy, B. S., et Sidel, V. W. (2011). Water rights and water fights: preventing and resolving conflicts before they boil over. *American Journal of Public Health*, 101(5), 778–780. <<https://doi.org/10.2105/AJPH.2010.194670>>
- Levy, K., Woster, A. P., Goldstein, R. S., et Carlton, E. J. (2016). Untangling the Impacts of Climate Change on Waterborne Diseases: a Systematic Review of Relationships between Diarrheal Diseases and Temperature, Rainfall, Flooding, and Drought. *Environmental Science et Technology*, 50(10), 4905–4922. <<https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06186>>
- Li, H., Li, K., et Zhang, X. (2016). Performance evaluation of Grassed swales for stormwater pollution control. *Procedia Engineering*, 154, 898–910. doi:10.1016/j.proeng.2016.07.481
- Lloyd, E. (2017). *Drought Disaster Planning and Adaptation in Rural British Columbia* [Master's Thesis, Royal Roads University]. Royal Roads University. Consulté sur le site: <<https://viurrspace.ca/handle/10613/5021>>
- Logar-Henderson, C., Ling, R., Tuite, A. R., et Fisman, D. N. (2019). Effects of large-scale oceanic phenomena on non-cholera vibriosis incidence in the United States: implications for climate change. *Epidemiology and Infection*, 147, e243. <<https://doi.org/10.1017/S0950268819001316>>
- Lowe, D., Ebi, K. L., et Forsberg, B. (2013). Factors increasing vulnerability to health effects before, during and after floods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(12), 7015–7067. <<https://doi.org/10.3390/ijerph10127015>>
- Luh, J., Royster, S., Sebastian, D., Ojomo, E., et Bartram, J. (2017). Expert assessment of the resilience of drinking water and sanitation systems to climate-related hazards. *The Science of the Total Environment*, 592, 334–344. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.084>>



- Maalouf, H., Pommepuy, M., et Le Guyader, F. S. (2010). Environmental Conditions Leading to Shellfish Contamination and Related Outbreaks. *Food and Environmental Virology*, 2(3), 136-45.
- MacDougall, L., Majowicz, S., Doré, K., Flint, J., Thomas, K., Kovacs, S., et Sockett, P. (2008). Under-reporting of infectious gastrointestinal illness in British Columbia, Canada: who is counted in provincial communicable disease statistics? *Epidemiology and Infection*, 136(2), 248–256. <<https://doi.org/10.1017/S0950268807008461>>
- Madoux-Humery, A. S., Dorner, S., Sauvé, S., Aboufadi, K., Galarneau, M., Servais, P., et Prévost, M. (2016). The effects of combined sewer overflow events on riverine sources of drinking water. *Water Research*, 92, 218–227. <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.12.033>>
- Mann, A. G., Tam, C. C., Higgins, C. D., et Rodrigues, L. C. (2007). The association between drinking water turbidity and gastrointestinal illness: a systematic review. *BMC Public Health*, 7, 256. <<https://doi.org/10.1186/1471-2458-7-256>>
- Martin, D., Bélanger, D., Gosselin, P., Brazeau, J., Furgal, C., et Déry, S. (2007). Drinking water and potential threats to human health in Nunavik: adaptation strategies under climate change conditions. *Arctic*, 195-202.
- Martin, D. A. (2016). At the nexus of fire, water and society. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371, 1696. doi:10.1098/rstb.2015.0172
- Martinez-Urtaza, J., Bowers, J. C., Trinanes, J., et DePaola, A. (2010). Climate anomalies and the increasing risk of Vibrio parahaemolyticus and Vibrio vulnificus illnesses. *Food Research International*, 43(7), 1780-90. <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.001>>
- McCabe, R. M., Hickey, B. M., Kudela, R. M., Lefebvre, K. A., Adams, N. G., Bill, B. D., Gulland, F. M., Thomson, R. E., Cochlan, W. P., et Trainer, V. L. (2016). An unprecedented coastwide toxic algal bloom linked to anomalous ocean conditions. *Geophysical Research Letters*, 43(19), 10366–10376. <<https://doi.org/10.1002/2016GL070023>>
- McClearn, M. (2020). Climate change threatens Canada's dams - but who's keeping track? *The Globe and Mail*. Consulté sur le site: <<https://www.theglobeandmail.com/canada/article-climate-change-will-push-canadas-dams-to-their-limits-but-due-to/>>
- McGregor, D. (2012). Traditional knowledge: Considerations for protecting water in Ontario. *International Indigenous Policy Journal*, 3(3), 1-21. <<https://doi.org/10.18584/iipj.2012.3.3.11>>
- McKnight, E. (2017). Characterizing and monitoring the water properties and dynamics of Lhù'àn Mǎn (Kluane Lake), Yukon, in the face of climate change. *ARCTIC*, 70(4), 435-40. doi:10.14430/arctic4692
- McLaughlin, J. B., DePaola, A., Bopp, C. A., Martinek, K. A., Napolilli, N. P., Allison, C. G., Murray, S. L., Thompson, E. C., Bird, M. M., et Middaugh, J. P. (2005). Outbreak of Vibrio parahaemolyticus gastroenteritis associated with Alaskan oysters. *The New England Journal of Medicine*, 353(14), 1463–1470. <<https://doi.org/10.1056/NEJMoa051594>>
- McLeman, R. (2011). *Climate change, migration and critical international security considerations: IOM Migration Research Series*. Geneva, Switzerland: International Organization for Migration. Consulté sur le site: <<https://publications.iom.int/system/files/pdf/mrs42.pdf>>
- McLeman, R. (2019). International migration and climate adaptation in an era of hardening borders. *Nature Climate Change*, 9(12), 911-918. doi:10.1038/s41558-019-0634-2
- Mezzacapo, M., Takaro, T. K., Buckeridge, D., Foldy, S., et Boehme, J. (2018). *Data Challenges for Environmental Factors and Gastrointestinal Illness in Great Lakes Cities*. International Association for Great Lakes Research Annual Meeting 2018.
- Ministère des Pêches et Océans (MPO). (2020). *Marine harmful algal blooms and phycotoxins of concern to Canada*. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 3384. Consulté sur le site: <<https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/4088319x.pdf>>
- Miller, A., Cumming, E., et McIntyre, L. (2018). *Summary Working Group Report of the Environmental Transmission of Norovirus into Oysters*. Vancouver, BC: Environmental Health Services and BC Centre for Disease Control.
- 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(5863), 573-574. doi:10.1126/science.1151915.
- Moffatt, H., et Struck, S. (2011). *Les éclosions de maladies d'origine hydrique dans les petits réseaux d'alimentation en eau potable au Canada*. Centre de collaboration nationale en santé environnementale. Consulté sur le site: <[https://cnse.ca/sites/default/files/WCWC\\_2012\\_Eclosions\\_maladies\\_hydrique\\_PREP-Struck.pdf](https://cnse.ca/sites/default/files/WCWC_2012_Eclosions_maladies_hydrique_PREP-Struck.pdf)>
- Moore, S. K., Johnstone, J. A., Banas, N. S., et Salathé, E. P. (2015). Present-day and future climate pathways affecting Alexandrium blooms in Puget Sound, WA, USA. *Harmful Algae*, 48, 1–11. <<https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.06.008>>
- Moore, S. K., Trainer, V. L., Mantua, N. J., Parker, M. S., Laws, E. A., Backer, L. C., et Fleming, L. E. (2008). Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health. *Environmental Health*, 7(Suppl. 2), S4.
- Morris, T., et Brandes, O. M. (2013). *The state of the water movement in British Columbia: a waterscape scan et needs assessment of BC watershed-based groups*. POLIS Project on Ecological Governance, University of Victoria et Real Estate Foundation of British Columbia.



- Morrison, K. D., et Kolden, C. A. (2015). Modeling the impacts of wildfire on runoff and pollutant transport from coastal watersheds to the nearshore environment. *Journal of Environmental Management*, 151, 113–123. <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.12.025>>
- Mudryk, L., Derksen, C., Howell, S., Laliberté, F., Thackeray, C., Sospe - dra-Alfonso, R., Vionnet, V., Kushner, P., et Brown, R. (2018). Canadian snow and sea ice: historical trends and projections. *The Cryosphere*, 12, 1157–1176. doi:10.5194/tc-12-1157-2018
- Murphy, H. M., Thomas, M. K., Medeiros, D. T., McFadyen, S., et Pintar, K. D. M. (2016a). Estimating the number of cases of acute gastrointestinal illness (AGI) associated with Canadian municipal drinking water systems. *Epidemiology and Infection*, 144(7), 1371–1385. <<https://doi.org/10.1017/S0950268815002083>>
- Murphy, H. M., Thomas, M. K., Schmidt, P. J., Medeiros, D. T., McFadyen, S., et Pintar, K. D. (2016b). Estimating the burden of acute gastrointestinal illness due to Giardia, Cryptosporidium, Campylobacter, E. coli O157 and norovirus associated with private wells and small water systems in Canada. *Epidemiology and Infection*, 144(7), 1355–1370. <<https://doi.org/10.1017/S0950268815002071>>
- Naser, A. M., Rahman, M., Unicomb, L., Doza, S., Gazi, M. S., Alam, G. R., Karim, M. R., Uddin, M. N., Khan, G. K., Ahmed, K. M., Shamsudduha, M., Anand, S., Narayan, K., Chang, H. H., Luby, S. P., Gribble, M. O., et Clasen, T. F. (2019). Drinking Water Salinity, Urinary Macro-Mineral Excretions, and Blood Pressure in the Southwest Coastal Population of Bangladesh. *Journal of the American Heart Association*, 8(9), e012007. <<https://doi.org/10.1161/JAHA.119.012007>>
- Nouveau-Brunswick. (2019). *Les résidents touchés par les inondations peuvent demander de l'aide financière pour sinistrés et des paiements anticipés accrus*. Consulté sur le site: <<https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/nouvelles/alerte/alerte.2019.05.0281.html>>
- Newton, A., Kendall, M., Vugia, D. J., Henao, O. L., et Mahon, B. E. (2012). Increasing rates of vibriosis in the United States, 1996-2010: review of surveillance data from 2 systems. *Clinical Infectious Diseases*, 54 Suppl 5(0 5), S391–S395. <<https://doi.org/10.1093/cid/cis243>>
- Ogden, N. H., Lindsay, L. R., Ludwig, A., Morse, A. P., Zheng, H., et Zhu, H. (2019). Weather-based forecasting of mosquito-borne disease outbreaks in Canada. *Canada Communicable Disease Report = Relevé des Maladies Transmissibles au Canada*, 45(5), 127–132. <<https://doi.org/10.14745/ccdr.v45i05a03>>
- Organisation mondiale de la santé. (2013). *Protéger la santé face au changement climatique: évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation*. Genève, Suisse. Consulté sur le site: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/151810>>
- Organisation mondiale de la santé. (2014). *Constitution of the World Health Organization*. Consulté sur le site: <[https://www.who.int/governance/eb/who\\_constitution\\_en.pdf](https://www.who.int/governance/eb/who_constitution_en.pdf)>
- Organisation mondiale de la santé. (2017). *Climate-resilient water safety plans: managing health risks associated with climate variability and change*. Geneva, Switzerland. Consulté sur le site: <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258722/9789241512794-eng.pdf?sequence=1&etisAllowed=y>>
- Ouranos. (2018). *Atlas web de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques*. Consulté sur le site <<https://atlas-vulnerabilite.ulaval.ca/projet/>>
- Overland, J., Dunlea, E., Box, J. E., Corell, R., Forsius, M., Kattsov, V., Olsen, M. S., Pawlak, J., Reiersen, L. O., et Wang, M. (2018). The urgency of Arctic change. *Polar Science*, 21, 6-13. doi:10.1016/j.polar.2018.11.008
- Paillard, C., Le Roux, F., et Borrego, J. J. (2004). Bacterial disease in marine bivalves, a review of recent studies: trends and evolution. *Aquatic Living Resources*, 17(4), 477-98. <<https://doi.org/10.1051/alr:2004054>>
- Parkes, M. W., Morrison, K. E., Bunch, M. J., Hallström, L. K., Neudoerffer, R. C., Venema, H. D., et Waltner-Toews, D. (2010). Towards integrated governance for water, health and social-ecological systems: The watershed governance prism. *Global Environmental Change*, 20(4), 693-704.
- Parveen, S., Hettiarachchi, K. A., Bowers, J. C., Jones, J. L., Tamplin, M. L., McKay, R., Beatty, W., Brohawn, K., Dasilva, L. V., et Depaola, A. (2008). Seasonal distribution of total and pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in Chesapeake Bay oysters and waters. *International Journal of Food Microbiology*, 128(2), 354–361. <<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.09.019>>
- Patrick, R. (2018). Adapting to Climate Change through Source Water Protection: Case Studies from Alberta and Saskatchewan, Canada. *International Indigenous Policy Journal*, 9(3). doi:10.18584/iipj.2018.9.3.1
- Perl, T. M., Bédard, L., Kosatsky, T., Hockin, J. C., Todd, E. C., et Remis, R. S. (1990). An outbreak of toxic encephalopathy caused by eating mussels contaminated with domoic acid. *The New England Journal of Medicine*, 322(25), 1775–1780. <<https://doi.org/10.1056/NEJM199006213222504>>
- Pescaroli, G., et Alexander, D. (2018). Understanding compound, interconnected, interacting, and cascading risks: A holistic framework. *Risk Analysis*, 38(11), 2245-2257. <<https://doi.org/10.1111/risa.13128>>
- Pick, F. R. (2016). Blooming algae: a Canadian perspective on the rise of toxic cyanobacteria; *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73(7), 1149–1158. <<https://doi.org/10.1139/cjfas-2015-0470>>

Picketts, I. M., Parkes, M. W., et Déry, S. (2017). Climate change and resource development impacts in watersheds: insights from the Nechako River Basin, Canada. *The Canadian Geographer*, 61(2), 196-211. <<https://doi.org/10.1111/cag.12327>>

Pons, W., Young, I., Truong, J., Jones-Bitton, A., McEwen, S., Pintar, K., et Papadopoulos, A. (2015). A Systematic Review of Waterborne Disease Outbreaks Associated with Small Non-Community Drinking Water Systems in Canada and the United States. *PLoS one*, 10(10), e0141646. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141646>>

Prakash, A., Medcof, J. C., et Tennant, A. D. (1971). *L'intoxication paralysante par les mollusques dans l'est du Canada*. Consulté sur le site: <<https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/26576.pdf>>

Public Sector Digest Inc. (PSD), Réseau canadien de l'eau, Association canadienne des eaux potables et usées, Fédération canadienne des municipalités. (2019). Études de cas: *Utiliser de meilleures données pour cerner les vulnérabilités des infrastructures liées aux changements climatiques dans les collectivités canadiennes*. Consulté 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%A9rabilit%C3%A9s-des-infrastructures-li%C3%A9es-aux-changements-climatiques.pdf>>

Ravel, A., Greig, J., Tinga, C., Todd, E., Campbell, G., Cassidy, M., Marshal, B., et Pollari, F. (2009). Exploring historical Canadian foodborne outbreak data sets for human illness attribution. *Journal of Food Protection*, 72(9), 1963-1976.

Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., Geneletti, D., et Calfapietra, C. (2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science et Policy*, 77, 15-24. <<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008>>

Ressources naturelles Canada (RNC). (2018). *Cadre fédéral de la cartographie des zones inondables*. Consulté sur le site: <[https://publications.gc.ca/collections/collection\\_2019/rncan-rncan/M113-3-1-2018-fra.pdf](https://publications.gc.ca/collections/collection_2019/rncan-rncan/M113-3-1-2018-fra.pdf)>

Ressources naturelles Canada (RNC). (2021). *Programme Renforcer la capacité et l'expertise régionales en matière d'adaptation (RCERA)*. Consulté sur le site: <<https://www.rncan.gc.ca/changements-climatiques/impacts-adaptation/programme-renforcer-la-capacite-et-l-expertise-regionales-en-matiere-dadaptation/21325?ga=2.191092138.1879728662.1638861832-432503360.1615390971>>

Rigaud, K. K., de Sherbinin, A., Jones, B., Bergmann, J., Clement, V., Ober, K., Schewe, J., Adamo, S., McCusker, B., Heuser, S., et Midgley, A. (2018). *Groundswell: Preparing for Internal Climate Migration*. Washington, DC: World Bank. Consulté sur le site: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29461>>

Robinne, F.N., Bladon, K.D., Silins, U., Emelko, M.B., Flannigan, M.D., Parisien, M.A., Wang, X., Kienzle, S.W., et Dupont, D.P. (2019). A Regional-Scale Index for Assessing the Exposure of Drinking-Water Sources to Wildfires. *Forests*, 10(5), 384. <<https://doi.org/10.3390/f10050384>>

Rossi, R. J., et Toran, L. (2019). Exploring the potential for groundwater inundation in coastal US cities due to interactions between sewer infrastructure and global change. *Environmental Earth Sciences*, 78(8), 258. doi:10.1007/s12665-019-8261-9

Sanderson, D., Picketts, I. M., Déry, S. J., Fell, B., Baker, S., Lee-Johnson, E., et Auger, M. (2015). Climate change and water at Stelat-en First Nation, British Columbia, Canada: Insights from western science and traditional knowledge. *The Canadian Geographer*, 59(2), 136-150.

Santé Canada. (2005). *Conseils pour un approvisionnement en eau potable salubre dans les secteurs de compétence fédérale, version 1*. Consulté sur le site: <<https://publications.gc.ca/site/fr/9.642808/publication.html>>

Santé Canada. (2012). *Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada*. Consulté sur le site: <<https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-recreational-recreative-eau/alt/pdf/water-recreational-recreative-eau-fra.pdf>>

Santé Canada. (2015). *Conseils concernant l'émission et l'annulation des avis d'ébullition de l'eau dans les approvisionnements d'eau potable au Canada*. Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada. Ottawa, (Ontario). Consulté sur le site: <<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/conseils-concernant-emission-et-annulation-avis-ebullition-eau-approvisionnement-eau-potable-canada.html#bg>>

Santé Canada. (2019a). *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Tableau sommaire*. Consulté sur le site: <<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/qualite-eau/recommandations-qualite-eau-potable-canada-tableau-sommaire.html>>

Santé Canada. (2019b). *Qualité de l'eau potable au Canada*. Consulté sur le site: <<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/qualite-eau/eau-potable.html>>

Santé Canada. (2020). *Concentrations maximales établies par Santé Canada à l'égard de contaminants chimiques dans les aliments*. Consulté sur le site: <<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/salubrite-aliments/contaminants-chimiques/concentrations-maximales-etablies-egard-contaminants-chimiques-aliments.html>>



- Schnitter, R., et Berry, P. (2019). The Climate Change, Food Security and Human Health Nexus in Canada: A Framework to Protect Population Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(14), 2531. <<https://doi.org/10.3390/ijerph16142531>>
- Schuster, C. J., Ellis, A. G., Robertson, W. J., Charron, D. F., Aramini, J. J., Marshall, B. J., et Medeiros, D. T. (2005). Infectious disease outbreaks related to drinking water in Canada, 1974-2001. *Canadian Journal of Public Health = Revue Canadienne de Santé Publique*, 96(4), 254-258. <<https://doi.org/10.1007/BF03405157>>
- Schwartz, J., Levin, R., et Goldstein, R. (2000). Drinking water turbidity and gastrointestinal illness in the elderly of Philadelphia. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 54(1), 45-51. <<https://doi.org/10.1136/jech.54.1.45>>
- Séguin, J. (éd.). (2008). *Santé et changements climatiques: évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada*. Ottawa, ON: Gouvernement of Canada. Consulté sur le site <<https://publications.gc.ca/site/fra/9.635906/publication.html>>
- Semenza, J. C., Herbst, S., Rechenburg, A., Suk, J. E., Höser, C., Schreiber, C., et Kistemann, T. (2012). Climate Change Impact Assessment of Food- and Waterborne Diseases. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(8), 857-890. <<https://doi.org/10.1080/10643389.2010.534706>>
- Seneviratne, S. I., Corti, T., Davin, E. L., Hirschi, M., Jaeger, E. B., Lehner, I., Orlowsky, B., et Teuling, A. J. (2010). Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate: A review. *Earth-Science Reviews*, 99(3-4), 125-161. doi:10.1016/j.earscirev.2010.02.004
- Services aux Autochtones Canada (SAC). (2015). *Programme de formation itinérante*. Consulté sur le site: <<https://www.sac-isc.gc.ca/fra/1313424571273/1533818103401>>
- Services aux Autochtones Canada (SAC). (2019). *Voix des communautés sur le changement climatique et l'adaptation du secteur de la santé dans le Nord du Canada*. Ottawa, (Ontario). Consulté sur le site: <<https://fr.climatetelling.info/uploads/2/5/6/1/25611440/19-012-climate-change-c2-fra-r1.pdf>>
- Services aux Autochtones Canada (SAC). (2020a). *Lever les avis concernant la qualité de l'eau potable à long terme*. Consulté sur le site: <<https://www.sac-isc.gc.ca/fra/1506514143353/1533317130660>>
- Services aux Autochtones Canada (SAC). (2020b). *Les inondations dans les communautés des Premières Nations*. Consulté sur le site: <<https://www.sac-isc.gc.ca/fra/1397740805675/1535120329798>>
- Shamkhali Chenar, S., et Deng, Z. (2017). Environmental indicators for human norovirus outbreaks. *International Journal of Environmental Health Research*, 27(1), 40-51. <<https://doi.org/10.1080/09603123.2016.1257705>>
- Sharma, A., Burn, S., Gardner, T., et Gregory A. (2010). Role of decentralised systems in the transition of urban water systems; Water Science and Technology. *Water Supply*, 10(4), 577-583. doi:10.2166/ws.2010.187
- Shrubsole, D., Walters, D., Veale, B., et Mitchell, B. (2017). Integrated Water Resources Management in Canada: the experience of watershed agencies. *International Journal of Water Resources Development*, 33(3), 349-359. <<https://doi.org/10.1080/07900627.2016.1244048>>
- Shuster-Wallace, C., Sandford, R., et Merrill, S. (2019). *Water futures for the world we want: Opportunities for research, practice, and leadership in achieving SDG6*. Saskatoon, SK: University of Saskatchewan. Consulté sur le site: <[https://gwf.usask.ca/documents/water\\_futures\\_for\\_the\\_world\\_we\\_want.pdf](https://gwf.usask.ca/documents/water_futures_for_the_world_we_want.pdf)>
- Shuster-Wallace, C., Sandford, R., et Merrill, S. (2020). Climate change, pollution and urbanization threaten water in Canada. *The Conversation*. Consulté sur le site: <<https://theconversation.com/climate-change-pollution-and-urbanization-threaten-water-in-canada-127876>>
- Smith, B. A., et Fazil, A. (2019). Climate change and infectious diseases: The challenges: How will climate change impact microbial foodborne disease in Canada? *Canada Communicable Disease Report*, 45(4), 108-113. <<https://doi.org/10.14745/ccdr.v45i04a05>>
- Smith, D. M., Matthews, J. H., Bharati, L., Borgomeo, E., McCartney, M., Mauroner, A., Nicol, A., Rodriguez, D., Sadoff, C., Suhardiman, D., Timboe, I., Amarnath, G., et Anisha, N. (2019). *Adaptation's thirst: Accelerating the convergence of water and climate action*. Background Paper prepared for the 2019 report of the Global Commission on Adaptation. Washington, DC. Consulté sur le site: <<http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Other/PDF/adaptations-thirst-gca-background-paper.pdf>>
- Somers, G., et Nishimura, P. (Eds.). (2012). *Managing groundwater resources: Assessing the impact of climate change on salt-water intrusion of coastal aquifers in Atlantic Canada*. Prince Edward Island Environment, Labour and Justice. Consulté sur le site: <[http://www.gov.pe.ca/photos/original/cle\\_WA2.pdf](http://www.gov.pe.ca/photos/original/cle_WA2.pdf)>
- Speight, V. (2018). Sustainable water systems of the future: how to ensure public health protection? *Perspectives in Public Health*, 138(5), 248-249. doi:10.1177/1757913918790146
- Statistique Canada. (2009). *L'Activité humaine et l'environnement: Statistiques annuelles*. Consulté sur le site: <<https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-201-x/16-201-x2009000-fra.htm>>
- Statistique Canada. (2011). *Enquête sur les ménages et l'environnement (EME)*. Consulté sur le site: <[https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV\\_f.pl?Function=getSurveyetSDDS=3881](https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurveyetSDDS=3881)>
- Statistique Canada. (2013). *Enquête sur les usines de traitement de l'eau potable 2011*. Ministre de l'industrie. Consulté sur le site: <<https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-403-x/16-403-x2013001-fra.htm>>

- Statistique Canada. (2021). *Tableau 38-10-0277-01 Traitement de la principale source d'eau du logement par les ménages, Canada, les provinces et les régions métropolitaines de recensement (RMR)*. Consulté sur le site: <[https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3810027701etrequest\\_locale=fr](https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3810027701etrequest_locale=fr)>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., et Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855. <<https://doi.org/10.1126/science.1259855>>
- Stephen, C., et Duncan, C. (2017). Can wildlife surveillance contribute to public health preparedness for climate change? A Canadian perspective. *Climatic Change*, 141(2), 259-271.
- Sundarambal, P., Balasubramanian, R., Tkalich, P., et He, J. (2010). Impact of biomass burning on ocean water quality in Southeast Asia through atmospheric deposition: field observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10(23), 11323-11336. <<https://doi.org/10.5194/acp-10-11323-2010>>
- Taylor, M., Cheng, J., Sharma, D., Bitzikos, O., Gustafson, R., Fyfe, M., Greve, R., Murti, M., Stone, J., Honish, L., Mah, V., Punja, N., Hexemer, A., McIntyre, L., Henry, B., Kendall, P., Atkinson, R., Buenaventura, E., Martinez-Perez, A., Galanis, E., ... Team, T. (2018). Outbreak of *Vibrio parahaemolyticus* Associated with Consumption of Raw Oysters in Canada, 2015. *Foodborne Pathogens and Disease*, 15(9), 554-559. <<https://doi.org/10.1089/fpd.2017.2415>>
- Taylor, M., McIntyre, L., Ritson, M., Stone, J., Bronson, R., Bitzikos, O., Rourke, W., Galanis, E., et Outbreak Investigation Team. (2013a). Outbreak of Diarrhetic Shellfish Poisoning associated with mussels, British Columbia, Canada. *Marine Drugs*, 11(5), 1669-1676. <<https://doi.org/10.3390/md11051669>>
- Taylor, R. G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., van Beek, R., Wada, Y., Longuevergne, L., Leblanc, M., Famiglietti, J. S., Edmunds, M., ... Holger, T. (2013b). Ground water and climate change. *Nature Climate Change*, 3(4), 322-329. doi:10.1038/nclimate1744
- Thienpont, J. R., Johnson, D., Nesbitt, H., Kokelj, S. V., Pisaric, M. F., Smol, J. P. (2012). Arctic coastal freshwater ecosystem responses to a major saltwater intrusion: A landscape-scale palaeolimnological analysis. *The Holocene*, 22(12), 1451-1460. <<https://doi.org/10.1177/0959683612455538>>
- Thistlethwaite, J. Miano, A., Henstra, D., et Scott, D. (2020). *Indigenous Reserve Lands in Canada Face High Flood Risk*. Centre for International Governance and innovation. Consulté sur le site: <<https://www.cigionline.org/sites/default/files/documents/PB%20no.159.pdf>>
- Thomas, M. K., Murray, R., Flockhart, L., Pintar, K., Pollari, F., Fazil, A., Nesbitt, A., et Marshall, B. (2013). Estimates of the burden of foodborne illness in Canada for 30 specified pathogens and unspecified agents, circa 2006. *Foodborne Pathogens and Disease*, 10(7), 639-648. <<https://doi.org/10.1089/fpd.2012.1389>>
- Thurton, D. (2017). Fort McMurray seeing big spike in water-treatment costs. *CBC News Edmonton*. Consulté sur le site: <<https://www.cbc.ca/news/canada/edmonton/fort-mcmurray-wildfire-water-treatmentcosts-contaminants-1.3973249>>
- Todd, E. C. (1997). Seafood-associated diseases and control in Canada. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 16(2), 661-672. <<https://doi.org/10.20506/rst.16.2.1058>>
- Trtanj, J., Jantarasami, L., Brunkard, J., Collier, T., Jacobs, J., Lipp, E., McLellan, S., Moore, S., Paerl, H., Ravenscroft, J., Sengco, M., et Thurston, J. (2016). Climate Impacts on Water-Related Illness. In A. Crimmins, J. Balbus, J. L. Gamble, C. B. Beard, J. E. Bell, D. Dodgen, R. J. Eisen, N. Fann, M. D. Hawkins, S. C. Herring, L. Jantarasami, D. M. Mills, S. Saha, M. C. Sarofim, J. Trtanj, et L. Ziska (Eds.), *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment* (p. 157-187). Washington, DC: U.S. Global Change Research Program. <<http://dx.doi.org/10.7930/JOR49NOX>>
- Turgeon, P., Michel, P., Levallois, P., Archambault, M., et Ravel, A. (2011). Fecal Contamination of Recreational Freshwaters: the Effect of Time-Independent Agroenvironmental Factors. *Water Quality, Exposure and Health*, 3(2), 109-118. doi:10.1007/s12403-011-0048-5
- Turner, J. W., Good, B., Cole, D., et Lipp, E. K. (2009). Plankton composition and environmental factors contribute to *Vibrio* seasonality. *The ISME Journal*, 3(9), 1082-1092. <<https://doi.org/10.1038/ismej.2009.50>>
- Uhlmann, S., Galanis, E., Takaro, T., Mak, S., Gustafson, L., Embree, G., Bellack, N., Corbett, K., et Isaac-Renton, J. (2009). Where's the pump? Associating sporadic enteric disease with drinking water using a geographic information system, in British Columbia, Canada, 1996-2005. *Journal of Water and Health*, 7(4), 692-698. <<https://doi.org/10.2166/wh.2009.108>>
- Uslu, M. O., Jasim, S., Arvai, A., Bewtra, J., et Biswas, N. (2013). A survey of Occurrence and Risk Assessment of Pharmaceutical Substances in the Great Lakes Basin. *Ozone: Science and Engineering*, 35(4), 249-262. doi:10.1080/01919512.2013.793595
- Vandersea, M. W., Kibler, S. R., Tester, P. A., Holderied, K., Hondolero, D. E., Powell, K., Baird, S., Doroff, A., Dugan, D., et Litaker, R. W. (2018). Environmental factors influencing the distribution and abundance of *Alexandrium catenella* in Kachemak bay and lower cook inlet, Alaska. *Harmful Algae*, 77, 81-92. <<https://doi.org/10.1016/j.hal.2018.06.008>>

- Vezzulli, L., Grande, C., Reid, P. C., Helaouet, P., Edwards, M., Hofle, M. G., Brettar, I., Colwell, R. R., Pruzzo, C. (2016). Climate influence on *Vibrio* and associated human diseases during the past half-century in the coastal North Atlantic. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 113(34), E5062-71. <<https://doi.org/10.1073/pnas.1609157113>>
- Vezzulli, L., Pruzzo, C., Huq, A., et Colwell, R. R. (2010). Environmental reservoirs of *Vibrio cholerae* and their role in cholera. *Environmental Microbiology Reports*, 2(1), 27–33. <<https://doi.org/10.1111/j.1758-2229.2009.00128.x>>
- Vincent, L. A., Zhang, X., Brown, R. D., Feng, Y., Mekis, E., Milewska, E. J., Wan, H., Wang, X. L. (2015). Observed Trends in Canada's Climate and Influence of Low-Frequency Variability Modes. *Journal of Climate*, 28(11), 4545–4560. doi:10.1175/JCLI-D-14-00697.1
- Vinh, D. C., Mubareka, S., Fatoye, B., Plourde, P., et Orr, P. (2006). *Vibrio vulnificus* Septicemia After Handling Tilapia Species Fish: A Canadian Case Report and Review. *The Canadian Journal of Infectious Diseases et Medical Microbiology = Journal Canadien des Maladies Infectieuses et de la Microbiologie Médicale*, 17(2), 129–132. <<https://doi.org/10.1155/2006/164681>>
- Visciano, P., Schirone, M., Berti, M., Milandri, A., Tofalo, R., et Suzzi, G. (2016). Marine Biotoxins: Occurrence, Toxicity, Regulatory Limits and Reference Methods. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1051. <<https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01051>>
- Vollaard, A. M., Ali, S., van Asten, H. A., Widjaja, S., Visser, L. G., Surjadi, C., et van Dissel, J. T. (2004). Risk factors for typhoid and paratyphoid fever in Jakarta, Indonesia. *JAMA*, 291(21), 2607–2615. <<https://doi.org/10.1001/jama.291.21.2607>>
- Wang, J., et Deng, Z. (2016). Modeling and Prediction of Oyster Norovirus Outbreaks along Gulf of Mexico Coast. *Environmental Health Perspectives*, 124(5), 627–633. <<https://doi.org/10.1289/ehp.1509764>>
- Wang, X., Thompson, D. K., Marshall, G. A., Tymstra, C., Carr, R., et Flannigan, M. D. (2015). Increasing frequency of extreme fire weather in Canada with climate change. *Climatic Change*, 130(4), 573–586. doi:10.1007/s10584-015-1375-5
- Waterfront Toronto. (2020). *Corktown Common Park*. Consulté sur le site: <<https://waterfronttoronto.ca/nbe/portal/waterfront/Home/waterfronthome/projects/corktown+common>>
- Watson, V. (2017). Perception of water among the Inuit community in Iqaluit, Nanvut: An anti-colonialist feminist political ecology [Master's Thesis, York University]. Toronto, ON: York University. Consulté sur le site: <[https://yorkspace.library.yorku.ca/xmlui/bitstream/handle/10315/34466/Watson\\_Victoria\\_C\\_2017\\_Masters.pdf?sequence=2&etisAllowed=y](https://yorkspace.library.yorku.ca/xmlui/bitstream/handle/10315/34466/Watson_Victoria_C_2017_Masters.pdf?sequence=2&etisAllowed=y)>
- Wiener, M. J., Jafvert, C. T., et Nies, L. F. (2016). The assessment of water use and reuse through reported data: A US case study. *The Science of the Total Environment*, 539, 70–77. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.114>>
- Westra, S., Alexander, L. V., et Zwiers, F. W. (2013). Global Increasing Trends in Annual Maximum Daily Precipitation. *Journal of Climate*, 26(11), 3904–3918. <<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00502.1>>
- Whitehead, P. G., Wilby, R. L., Battarbee, R. W., Kernan, M., et Wade, A. J. (2009). A review of the potential impacts of climate change on surface water quality. *Hydrological Sciences Journal*, 54(1), 101–123. <<https://doi.org/10.1623/hysj.54.1.101>>
- Wilson, J., Aramini, J., Clarke, S., Novotny, M., Quist, M., et Keegan, V. (2009). *Surveillance rétrospective des maladies reliées à l'eau potable au Canada, 1993-2008*. Novometrix Research Inc. Consulté sur le site: <[https://ccnse.ca/sites/default/files/Surveillance\\_maladies\\_eau\\_potable\\_aout\\_2009.pdf](https://ccnse.ca/sites/default/files/Surveillance_maladies_eau_potable_aout_2009.pdf)>
- Wotton, M. B., Flannigan, M. D., et Marshall, G. A. (2017). Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada. *Environmental Research Letters*, 12(9). doi:10.1088/1748-9326/aa7e6e
- Wu, X., Lu, Y., Zhou, S., Chen, L., et Xu, B. (2016). Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environment International*, 86, 14-23. <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.09.007>>
- Yusa, A., Berry, P., J Cheng, J., Ogden, N., Bonsal, B., Stewart, R., et Waldick, R. (2015). Climate Change, Drought and Human Health in Canada. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(7), 8359–8412. <<https://doi.org/10.3390/ijerph120708359>>
- Zamyadi, A., Dorner, S., Sauvé, S., Ellis, D., Bolduc, A., Bastien, C., et Prévost, M. (2013). Species-dependence of cyanobacteria removal efficiency by different drinking water treatment processes. *Water Research*, 47(8), 2689–2700. <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.02.040>>
- Zamyadi, A., Romanis, C., Mills, T., Neilan, B., Choo, F., Coral, L. A., Gale, D., Newcombe, G., Crosbie, N., Stuetz, R., et Henderson, R. K. (2019). Diagnosing water treatment critical control points for cyanobacterial removal: Exploring benefits of combined microscopy, next-generation sequencing, and cell integrity methods. *Water Research*, 152, 96–105. <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.01.002>>
- Zhang, X., Flato, G., Kirchmeier-Young, M., Vincent, L., Wan, H., Wang, X., Rong, R., Fyfe, J., Li, G., et Kharin, V. V. (2019). Les changements de température et de précipitations au Canada. Dans E. Bush et D. Lemmen (éd.), *Rapport sur le climat changeant du Canada* (pages 112 à 193). Ottawa, ON: Gouvernement du Canada. Consulté sur le site <<https://changingclimate.ca/CCCR2019/fr/>>



Zimmerman, L. (2015). Phytoplankton. In *Biological Resources*. Consulté sur le site: <[https://coast.noaa.gov/data/docs/nerrs/Reserves\\_ACE\\_SiteProfile.pdf](https://coast.noaa.gov/data/docs/nerrs/Reserves_ACE_SiteProfile.pdf)>

Zubrycki, K., Roy, D., Venema, H. D., et Brooks, D. B. (2011). *Water Security in Canada: Responsibilities of the federal government*. Winnipeg, MB: International Institute for Sustainable Development. Consulté sur le site: <[https://www.iisd.org/system/files/publications/water\\_security\\_canada.pdf](https://www.iisd.org/system/files/publications/water_security_canada.pdf)>