



## CHAPITRE 3

# Aléas naturels

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

Pierre Gosselin, Institut national de santé publique du Québec et Centre Terre, Eau, Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique

Céline Campagna, Institut national de santé publique du Québec et Centre Terre, Eau, Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique

## Auteurs collaborateurs

David Demers-Bouffard, Institut national de santé publique du Québec

Sami Qutob, Santé Canada

Mike Flannigan, Université de l'Alberta

## Suggestion de citation

Gosselin, P., Campagna, C., Demers-Bouffard, D., Qutob, S., et Flannigan, M. (2022). Aléas naturels. 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	138
Messages clés	138
3.1 Introduction	144
3.2 Méthodes et approche	144
3.3 Tendances générales de l'intensité et de la fréquence des aléas naturels influencés par les changements climatiques et liens avec la santé	145
3.4 Réchauffement moyen et événements de chaleur extrême	147
3.4.1 Impacts des changements climatiques sur la chaleur – tendances et projections	147
3.4.1.1 Températures moyennes annuelles	147
3.4.1.2 Événements de chaleur extrême	148
3.4.2 Effets de la chaleur sur la santé	149
3.4.2.1 Mortalité toutes causes confondues pendant les événements de chaleur extrême	150
3.4.2.2 Caractérisation du lien entre la mortalité et la chaleur	150
3.4.2.3 Mortalité liée aux projections climatiques	151
3.4.2.4 Hospitalisations toutes causes confondues et hospitalisations pour des maladies cardiovasculaires	151
3.4.2.5 Maladies cardiovasculaires et autres	151
3.4.2.6 Effets périnataux	152
3.4.2.7 Impacts indirects de la diminution de la qualité de l'eau et de l'air	152
3.4.2.8 Santé psychosociale	153
3.4.2.9 Impacts bénéfiques	153
3.4.3 Populations présentant des risques accrus face à la chaleur	154
3.4.3.1 Aînés	154
Encadré 3.1 Chaleur et COVID-19	155
3.4.3.2 Enfants	156
3.4.3.3 Sexe et genre	156
3.4.3.4 Maladies chroniques	156
3.4.3.5 Consommation de médicaments ou abus de substances	157
3.4.3.6 Exposition au travail	157
3.4.3.7 Îlots de chaleur urbains	158



---

3.4.3.8 Populations autochtones	158
3.4.3.9 Défavorisation matérielle et sociale	159
3.4.3.10 Personnes en situation d'itinérance	160
3.4.3.11 Communautés racisées	160
3.4.4 Mesures d'adaptation à la chaleur	161
3.4.4.1 Mesures d'adaptation individuelles	161
Encadré 3.2 Ajustement des mesures d'adaptation à la chaleur dans le contexte de la COVID-19	162
3.4.4.2 Mesures d'adaptation en santé publique	163
Encadré 3.3 Amélioration des pratiques avec le plan d'action sur la chaleur de Montréal	164
3.4.4.3 Mesures d'adaptation des infrastructures	165
Encadré 3.4 Les cobénéfices du verdissement sur la santé des collectivités	165
3.5 Exposition aux rayons ultraviolets	167
3.5.1 Impacts des changements climatiques sur les rayons ultraviolets – tendances et projections	167
3.5.2 Effets des rayons ultraviolets sur la santé	168
3.5.2.1 Cancer de la peau	168
3.5.2.2 Cataractes et tumeurs oculaires	168
3.5.2.3 Immunosuppression	168
3.5.2.4 Vitamine D et tension artérielle	169
3.5.3 Populations présentant des risques accrus face au rayonnement ultraviolet	169
3.5.4 Mesures d'adaptation aux ultraviolets	170
3.5.4.1 Mesures d'adaptation individuelles	170
3.5.4.2 Mesures d'adaptation publiques	170
3.5.4.3 Mesures d'adaptation des infrastructures	171
3.6 Événements de froid moyen et de froid extrême	171
3.6.1 Impacts des changements climatiques sur le froid – tendances et projections	171
3.6.2 Effets du temps froid sur la santé	172
3.6.2.1 Mortalité	172
3.6.2.2 Infections	173
3.6.2.3 Hospitalisations et visites aux services d'urgence	173
3.6.2.4 Impact global sur la santé	173
3.6.3 Comparaison annuelle de la mortalité due au froid et à la chaleur	174

---



---

3.6.3.1 Géographie	174
3.6.3.2 Projections de la mortalité d'ici 2100	174
3.6.4 Populations présentant des risques accrus face au froid	176
3.6.4.1 Âge, sexe et genre	176
3.6.4.2 Maladies chroniques	176
3.6.4.3 Défavorisation matérielle et sociale	177
3.6.4.4 Personnes en situation d'itinérance	177
3.6.5 Mesures d'adaptation au froid	177
3.6.5.1 Système d'alerte de la population	177
3.6.5.2 Isolation des logements	178
3.6.5.3 Santé et sécurité au travail	178
3.7 Sécheresse	179
3.7.1 Impacts des changements climatiques sur la sécheresse – tendances et projections	179
3.7.2 Effets de la sécheresse sur la santé	180
3.7.2.1 Impacts sanitaires indirects de la diminution de la qualité de l'air	180
3.7.2.2 Maladies infectieuses	181
3.7.2.3 Maladies d'origine hydrique	181
3.7.2.4 Sécurité alimentaire	181
3.7.3 Populations présentant des risques accrus face à la sécheresse	182
3.7.3.1 Vie en milieu rural	182
3.7.3.2 Santé psychosociale	182
3.7.3.3 Insécurité alimentaire et malnutrition	183
3.7.3.4 Âge, sexe et genre	183
3.7.4 Mesures d'adaptation à la sécheresse	183
3.7.4.1 Sensibilisation aux impacts psychosociaux	183
3.7.4.2 Programmes de soutien financier et systèmes de surveillance et d'alerte	184
3.7.4.3 Surveillance des impacts indirects de la sécheresse sur la qualité de l'air et de l'eau	184
3.8 Feux de forêt	185
3.8.1 Impacts des changements climatiques sur les feux de forêt – tendances et projections	185
3.8.2 Effets des feux de forêt sur la santé	186
3.8.2.1 Caractérisation de la fumée des feux de forêt	186

---



---

3.8.2.2 Fumée des feux de forêt et mortalité	187
3.8.2.3 Fumée des feux de forêt et maladies respiratoires et cardiovasculaires	187
3.8.2.4 Exposition directe aux feux de forêt et santé psychosociale	188
3.8.2.5 Maladies d'origine hydrique	188
3.8.3 Populations présentant des risques accrus face aux feux de forêt	189
3.8.3.1 Morbidité préexistante	189
3.8.3.2 Aînés	189
3.8.3.3 Enfants	189
3.8.3.4 Iniquités sociales	190
3.8.3.5 Populations autochtones	190
3.8.3.6 Sécurité des pompiers luttant contre les feux de végétation	190
3.8.4 Mesures d'adaptation aux feux de forêt	190
3.8.4.1 Mesures d'adaptation individuelles	190
3.8.4.2 Mesures d'adaptation publiques	191
3.8.4.3 Mesures d'adaptation des infrastructures	192
3.9 Précipitations et tempêtes	193
3.9.1 Impacts des changements climatiques sur les précipitations et les tempêtes – tendances et projections	193
3.9.2 Effets sanitaires des précipitations et des tempêtes	195
3.9.2.1 Traumatismes non intentionnels – Précipitations	195
3.9.2.2 Traumatismes non intentionnels – Tempêtes	195
3.9.2.3 Accidents de la route – Précipitations	196
3.9.2.4 Activité physique	196
3.9.2.5 Maladies d'origine hydrique	196
3.9.2.6 Impacts indirects – Pannes d'électricité	197
3.9.3 Populations présentant des risques accrus face aux tempêtes et aux précipitations	198
3.9.3.1 Précipitations	198
3.9.3.2 Tempêtes	199
3.9.4 Mesures d'adaptation aux tempêtes et aux précipitations	200
3.9.4.1 Mesures d'adaptation publiques	200
3.9.4.2 Mesures d'adaptation des infrastructures	201

---



---

3.10 Inondations, inondations côtières et érosion côtière	202
3.10.1 Impacts des changements climatiques sur les inondations, les inondations côtières et l'érosion côtière – tendances et projections	202
3.10.2 Effets sanitaires des inondations, des inondations côtières et de l'érosion côtière	203
3.10.2.1 Inondations – Impacts physiques	203
3.10.2.2 Inondations – Impacts psychosociaux	204
3.10.2.3 Inondations côtières	205
3.10.2.4 Érosion côtière	205
3.10.2.5 Impacts indirects – Pannes d'électricité	205
3.10.3 Populations présentant des risques accrus face aux inondations, aux inondations côtières et à l'érosion côtière	206
3.10.3.1 Âge	206
3.10.3.2 Sexe et genre	206
3.10.3.3 Présence de maladies préexistantes	207
3.10.3.4 Populations autochtones	207
3.10.3.5 Vie en milieu rural et faible statut socioéconomique	207
3.10.3.6 Assurance	207
3.10.4 Mesures d'adaptation aux inondations, aux inondations côtières et à l'érosion côtière	208
3.10.4.1 Mesures d'adaptation individuelles	208
3.10.4.2 Mesures d'adaptation publiques	209
3.10.4.3 Mesures d'adaptation des infrastructures	210
3.10.4.4 Évaluation des mesures d'adaptation aux inondations, aux inondations côtières et à l'érosion côtière	211
3.11 Glissements de terrain, avalanches et dégel du pergélisol	212
3.11.1 Impacts des changements climatiques sur les glissements de terrain, les avalanches et le dégel du pergélisol – tendances et projections	212
3.11.2 Impacts sanitaires des glissements de terrain, des avalanches et du dégel du pergélisol	213
3.11.2.1 Impacts sanitaires des glissements de terrain	213
3.11.2.2 Impacts sanitaires des avalanches	213
3.11.2.3 Impacts sanitaires du dégel du pergélisol	214
3.11.3 Populations présentant des risques accrus face aux glissements de terrain, aux avalanches et au dégel du pergélisol	214
3.11.4 Mesures d'adaptation aux glissements de terrain, aux avalanches et au dégel du pergélisol	215

---



---

3.11.4.1 Mesures d'adaptation aux glissements de terrain	215
3.11.4.2 Mesures d'adaptation aux avalanches	215
3.11.4.3 Mesures d'adaptation au dégel du pergélisol	216
3.12 Lacunes dans la littérature et incertitude quant aux preuves scientifiques par rapport aux impacts sanitaires des aléas naturels influencés par les changements climatiques	217
3.12.1 Données portant sur la santé et les aléas naturels	217
3.12.2 Type d'aléas naturels pris en compte	218
3.12.3 Impacts sanitaires directs et indirects	218
3.12.4 Impacts des événements découlant d'aléas naturels combinés	218
3.12.5 Impacts en cascade des aléas et impacts sur les systèmes de santé	219
3.12.6 Comportements et mode de vie	219
3.12.7 Évaluation des mesures d'adaptation	219
3.12.8 Impacts économiques des effets sanitaires et des mesures d'adaptation et d'atténuation	220
3.12.9 Importance relative des facteurs de vulnérabilité et de protection	220
3.12.10 Représentation équitable dans la littérature	220
3.12.11 Populations autochtones	221
3.12.12 Facteurs à l'appui de l'adaptation	221
3.12.13 Communication sur les changements climatiques	222
3.13 Conclusion	222
3.14 Références	224

---

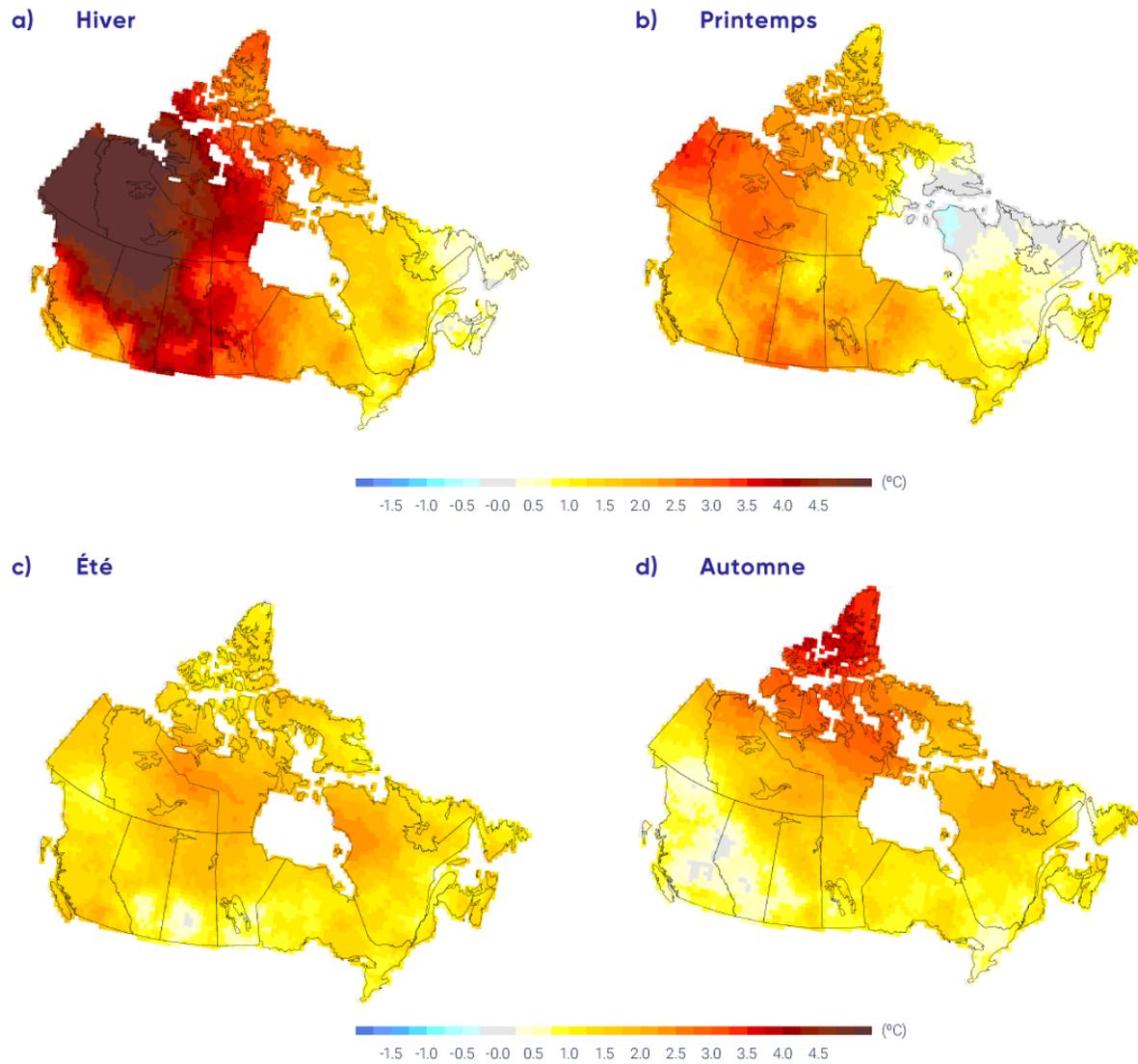
## Résumé

Les vagues de chaleur, les graves inondations, les feux de forêt, l'érosion du littoral et les sécheresses sont quelques exemples d'aléas naturels dont la fréquence et l'intensité sont influencées par les changements climatiques. Ces aléas peuvent causer des pertes en vies humaines, des blessures et divers problèmes de santé, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement. Les impacts des aléas naturels sur la santé humaine sont particulièrement préoccupants. Des coups de chaleur aux maladies cardiovasculaires et respiratoires, en passant par les impacts psychologiques et sociaux, les impacts sanitaires des aléas naturels sont graves et dépendent de processus complexes impliquant des facteurs individuels, sociaux, économiques et environnementaux. Le Canada a vu de nombreux exemples d'impacts graves de ces aléas sur la santé et la sécurité de la population au cours des dernières années (p. ex., vague de chaleur et sécheresse en Colombie-Britannique, feux à Fort McMurray en Alberta, vagues de chaleur et inondations de 2018 en Ontario et au Québec, tempêtes dans les provinces maritimes). À mesure que les changements climatiques s'accroîtront, ces impacts sur les populations augmenteront à moins que des mesures d'adaptation efficaces ne soient mises en œuvre pour les réduire et protéger les populations les plus à risque d'être touchées. Des exemples de ces mesures d'adaptation propres à chaque aléa existent déjà et devraient être activement mis en œuvre par la société civile, les municipalités, les autorités sanitaires, les provinces et le gouvernement fédéral.

## Messages clés

- On s'attend à ce que de nombreux événements météorologiques extrêmes, et les impacts sur la santé des Canadiens et des Canadiennes qui y sont associés, augmentent au cours des prochaines décennies, sous l'effet du réchauffement généralisé. Par exemple, la chaleur extrême deviendra plus fréquente et plus intense. Cela augmentera la gravité des vagues de chaleur et contribuera à accroître les risques de sécheresse et de feux de forêt. Pour la majeure partie du Canada, les précipitations devraient augmenter, en moyenne, bien qu'il soit possible que les précipitations estivales diminuent dans certaines régions. Les risques d'inondation urbaine augmenteront en raison de précipitations plus intenses (Rapport sur le climat changeant du Canada, 2019).
- On prévoit que les décès au Canada augmenteront considérablement d'ici la fin du siècle en raison des effets de la hausse des températures (et de la chaleur extrême) si les émissions de gaz à effet de serre (GES) continuent d'augmenter au même rythme qu'au cours des 30 dernières années. À cela s'ajoutent les effets sanitaires potentiels de l'évolution de certains événements météorologiques extrêmes (p. ex., feux de forêt, sécheresses, vagues de chaleur, précipitations extrêmes), comme l'augmentation des blessures accidentelles, de l'anxiété et de la dépression, des maladies d'origine hydrique, des problèmes cardiovasculaires et des maladies respiratoires. Les travailleurs directement exposés à ces événements extrêmes se heurtent déjà à un accroissement du fardeau de la maladie et des blessures.

- Les communautés des régions côtières sont confrontées à une multitude de risques accrus. On s'attend à davantage d'inondations côtières dans de nombreuses régions du Canada en raison de l'augmentation locale du niveau de la mer. La perte de glace de mer dans l'Arctique, l'est du Québec et le Canada atlantique augmente encore le risque de dommages aux infrastructures et aux écosystèmes côtiers en raison d'ondes de tempête et de vagues plus importantes (Rapport sur le climat changeant du Canada, 2019).
- Certaines populations des zones urbaines et rurales ont un accès limité aux ressources financières, sociales, sanitaires et humaines nécessaires pour s'adapter aux aléas naturels influencés par les changements climatiques. De nombreuses collectivités des Premières Nations, des Inuits et des Métis subissent un fardeau plus lourd d'iniquités en santé et de déterminants connexes d'une mauvaise santé. À ceci s'ajoute leur dépendance à l'égard de l'environnement pour leur subsistance, leurs moyens de subsistance et leurs pratiques culturelles, ce qui les rend particulièrement sensibles aux impacts des changements climatiques, y compris les aléas naturels.
- Les aînés sont particulièrement à risque de souffrir des impacts sanitaires des événements liés aux changements climatiques, comme les vagues de chaleur, les vagues de froid, la sécheresse, la fumée des feux de forêt et les inondations. L'âge et les maladies chroniques sont les principaux facteurs de vulnérabilité, et le fait que notre société vieillisse rapidement augmentera ce risque au cours des prochaines décennies. Les vulnérabilités des aînés peuvent être aggravées par la perte de cohésion communautaire, l'inégalité socioéconomique et l'adoption de comportements malsains.
- Les provinces, les municipalités, la société civile, les autorités de santé et le gouvernement fédéral ont un rôle déterminant à jouer en matière d'adaptation aux changements climatiques. Malgré les progrès réalisés sur de nombreux fronts, les mesures d'adaptation font toujours défaut, en particulier pour les sécheresses, les tempêtes et les fortes précipitations. De plus, les populations exposées à des risques accrus et les conditions évitables qui augmentent ces risques sont souvent négligées par les parties prenantes lors de la mise en œuvre des mesures d'adaptation.
- De nombreuses solutions susceptibles de réduire l'exposition humaine et la vulnérabilité aux aléas naturels influencés par les changements climatiques sont déjà connues et devraient être mieux promues. Ces solutions comprennent le verdissement des milieux de vie, l'identification des zones à risque, l'utilisation de systèmes d'alerte précoce, l'amélioration de l'accès aux ressources, la mise en pratique de l'aménagement intégré du territoire, la mise à jour des infrastructures et la sensibilisation du public.
- Le rythme, la nature et l'étendue des mesures d'adaptation doivent augmenter rapidement et considérablement afin de réduire les impacts sanitaires actuels et futurs au Canada, y compris les évacuations liées au climat et les déplacements forcés.



Changements observés (en °C) dans les températures moyennes saisonnières de 1948 à 2016 pour quatre saisons. Source : Zhang et coll., 2019.

## Aperçu des impacts sur la santé des aléas naturels découlant des changements climatiques

CATÉGORIE D'IMPACT OU D'ALÉA SANITAIRE	CAUSES LIÉES AU CLIMAT	EFFETS POSSIBLES SUR LA SANTÉ
Températures extrêmes et réchauffement graduel	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vagues de chaleur plus fréquentes, plus graves et plus longues</li><li>• Effet d'îlot de chaleur urbain accru</li><li>• Aléas combinés liés au climat (p. ex., chaleur, feux de forêt, sécheresse, inondations)</li><li>• Températures froides extrêmes et moyennes moins marquées</li><li>• Réchauffement à long terme et vagues de chaleur</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation des maladies directement liées à la chaleur (p. ex., œdème thermique, éruption cutanée, épuisement par la chaleur, coup de chaleur) et des décès, en particulier chez les travailleurs</li><li>• Augmentation des troubles respiratoires</li><li>• Augmentation des troubles cardiovasculaires, en particulier chez les personnes âgées et les personnes atteintes de maladies chroniques</li><li>• Complications des soins périnataux (p. ex., en cas de fausse couche, de naissance prématurée ou de complications congénitales)</li><li>• Augmentation du nombre de visites à l'urgence pour des problèmes de santé mentale</li><li>• Impacts psychosociaux</li><li>• Modification possible des tendances relatives aux maladies et aux décès en raison du réchauffement progressif des températures (p. ex., en raison de l'augmentation des niveaux d'activité à l'extérieur)</li><li>• Impacts sur les infrastructures de santé</li><li>• Impacts sur les services de santé et services sociaux</li><li>• Diminution potentielle de la morbidité et de la mortalité liées au froid</li></ul>



CATÉGORIE D'IMPACT OU D'ALÉA SANITAIRE	CAUSES LIÉES AU CLIMAT	EFFETS POSSIBLES SUR LA SANTÉ
Températures extrêmes et réchauffement graduel  (suite)		<ul style="list-style-type: none"><li>• Risque accru de maladies infectieuses d'origine zoonotique directement transmises par des animaux et des arthropodes vecteurs, et contractées par inhalation de sources environnementales</li></ul>
Événements météorologiques extrêmes et aléas naturels	<ul style="list-style-type: none"><li>• Orages plus fréquents, plus longs et plus violents, ouragans de plus forte intensité et autres types de phénomènes météorologiques violents</li><li>• Augmentation des précipitations extrêmes et des inondations qui en découlent, à l'exception des inondations printanières qui diminueront</li><li>• Glissements de terrain et avalanches</li><li>• Augmentation des inondations côtières, de l'érosion côtière et des épisodes d'ondes de tempête</li><li>• Augmentation de la sécheresse, en particulier dans les Prairies, au Québec et dans l'intérieur de la Colombie-Britannique</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Décès, blessures et maladies causés par des tempêtes violentes, des inondations et d'autres aléas</li><li>• Augmentation de la mortalité et des maladies respiratoires liées à la fumée des feux de forêt</li><li>• Effets sur la santé psychologique, y compris les effets sur la santé mentale et les maladies liées au stress attribuables à des événements extrêmes (comme les inondations, les feux de forêt, les sécheresses)</li><li>• Impacts sur la santé physique et mentale de l'insécurité alimentaire et des pénuries d'eau</li><li>• Maladies (principalement infectieuses) liées à la contamination de l'eau potable et de l'eau utilisée à des fins récréatives</li><li>• Décès, maladies et blessures dus à l'évacuation ou au déplacement de populations, et pressions connexes sur la protection civile, les abris d'urgence et les infrastructures sanitaires</li></ul>



CATÉGORIE D'IMPACT OU D'ALÉA SANITAIRE	CAUSES LIÉES AU CLIMAT	EFFETS POSSIBLES SUR LA SANTÉ
Événements météorologiques extrêmes et aléas naturels  (suite)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dommages accrus aux milieux naturels et bâtis</li><li>• Augmentation de la fréquence et de la gravité des feux de forêt, ainsi que de la superficie brûlée</li><li>• Aléas combinés ou en série liés au climat (comme la chaleur, les feux de forêt, la sécheresse, les inondations)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Impacts indirects sur la santé liés aux changements écologiques, aux dommages aux infrastructures et à l'interruption des services de santé en raison d'événements extrêmes</li><li>• Exacerbation des maladies chroniques et infectieuses et des blessures dues à des dommages à l'infrastructure (tels que le logement, l'eau, l'assainissement, les établissements de santé)</li><li>• Détérioration des résultats de santé en raison des restrictions de déplacements touchant les services de santé et d'urgence, des retards d'approvisionnement en produits pharmaceutiques et médicaux essentiels et de la mise en péril de la sécurité des patients</li><li>• Épidémies de maladies transmises par les moustiques</li></ul>

## 3.1 Introduction

On prévoit que les changements climatiques accroîtront la fréquence, l'intensité de même que les conséquences globales de nombreuses conditions météorologiques extrêmes survenant au Canada, même dans le cas d'un scénario de faibles émissions (Bush et Lemmen, 2019). Dans le présent chapitre, ces conditions sont nommées aléas naturels, même si elles ne sont pas entièrement naturelles puisqu'influencées par plusieurs facteurs humains, incluant les émissions de gaz à effet de serre (GES). Un aléa naturel est un phénomène, souvent une condition météorologique ou hydrométéorologique extrême (p. ex., de fortes précipitations ou températures extrêmes), susceptible d'occasionner des pertes de vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement (Morin, 2008). Ainsi, les aléas naturels ont des impacts sur les humains ou sur les infrastructures sur lesquelles les collectivités comptent.

Les impacts des aléas naturels sur la santé humaine sont particulièrement préoccupants. Des coups de chaleur aux maladies cardiovasculaires et respiratoires, en passant par les impacts psychologiques et sociaux, les impacts sanitaires des aléas naturels sont nombreux et dépendent de processus complexes impliquant des facteurs individuels, sociaux, économiques et environnementaux. La prise de conscience croissante de ces impacts s'est accompagnée d'un nombre important d'études sur ces impacts au Canada et à l'étranger.

Le présent chapitre fait le point sur l'état des connaissances quant aux changements climatiques passés et prévus en ce qui concerne les aléas naturels, les liens entre ces aléas et la santé de la population au Canada ou dans des pays semblables (en fonction de la démographie, du produit intérieur brut [PIB] et du climat), ainsi que les principaux risques ou vulnérabilités sur le plan sanitaire. Il examine également les mesures d'adaptation possibles à ces aléas afin de réduire leur impact sur la santé de la population, sur la base d'études scientifiques publiées. Ce chapitre n'est donc pas un portrait descriptif ni exhaustif des impacts vécus par les collectivités du Canada, des programmes disponibles pour s'adapter, ni des mesures mises en place par les décideurs. Seuls les aléas naturels influencés par les changements climatiques ont été pris en compte dans la présente analyse.

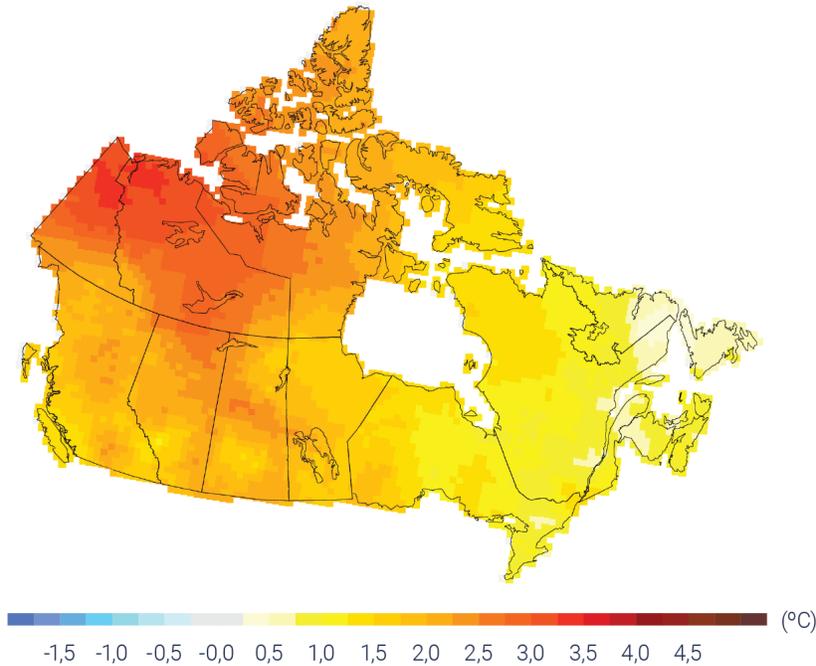
## 3.2 Méthodes et approche

On a effectué une revue des documents scientifiques publiés entre 2008 et 2019 au sujet des connaissances en lien avec les aléas naturels, la santé et l'adaptation dans les pays développés ayant un climat tempéré ou polaire, comme celui du Canada. Pour être incluse, une étude devait porter sur les liens entre la santé et les aléas naturels influencés par les changements climatiques, par exemple traiter de la vulnérabilité face à un aléa naturel ou des mesures d'adaptation à ces aléas et de leur potentiel pour minimiser directement ou indirectement les impacts sur la santé.

L'information présentée dans ce chapitre met à jour celle des précédentes évaluations de Santé Canada réalisées en 2008 et en 2014. Les renseignements sur le climat en évolution au Canada et ses changements des conditions moyennes ainsi que les changements dans les conditions extrêmes (appelés ici aléas naturels) ont été tirés des chapitres pertinents du *Rapport sur le climat changeant du Canada* publié par le gouvernement du Canada (Bush et Lemmen, 2019). D'autres études pertinentes ont été recensées après la phase de recherche documentaire et ont été incluses dans la revue des documents. La littérature grise a servi à compléter la littérature scientifique existante ou à mettre en évidence des études de cas pertinentes. La priorité a été accordée aux études réalisées au Canada; les études d'autres pays similaires (p. ex, pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE]) ont été utilisées lorsqu'il n'y avait pas suffisamment de renseignements propres au contexte canadien. Certaines ont été utilisées à des fins de comparaison avec le contexte canadien. L'incertitude dans les données actuelles (c.-à-d., ce que l'on ne connaît pas ou peu) est prise en considération en soulignant les lacunes dans la littérature scientifique, les limites de certaines études ou les résultats contradictoires. Les lacunes en matière de recherche et l'incertitude dans les preuves scientifiques ont également été soulignées.

### **3.3 Tendances générales de l'intensité et de la fréquence des aléas naturels influencés par les changements climatiques et liens avec la santé**

Comme il a été conclu dans le *Rapport sur le climat changeant du Canada* (Bush et Lemmen, 2019), le réchauffement de la Terre pendant l'âge industriel est sans équivoque, et il est extrêmement probable que les activités humaines, en particulier les émissions de gaz à effet de serre (GES), aient été la principale cause de ce réchauffement depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle. Ce réchauffement à l'échelle mondiale s'est également accompagné d'augmentations de la chaleur extrême et de diminutions des froids extrêmes, d'une augmentation de la vapeur d'eau atmosphérique, d'un réchauffement des océans et d'une diminution de la couverture de neige et de glace. Le niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale a augmenté en raison de l'expansion de l'eau océanique causée par le réchauffement et de l'ajout d'eau de fonte précédemment stockée dans les glaciers et les nappes glaciaires terrestres. Ces changements planétaires causés par le réchauffement du système climatique touchent le Canada (figure 3.1).



**Figure 3.1** Changements observés (en °C) de la température annuelle au Canada entre 1948 et 2016, selon les tendances linéaires. Source : Zhang et coll., 2019.

Ce réchauffement généralisé modifie, voire aggrave, de nombreux aléas naturels : chaleur extrême, précipitations et tempêtes extrêmes, sécheresse, feux de forêt, risque d'inondation, glissements de terrain, avalanches et dégel du pergélisol. Ces changements modifient de nombreux écosystèmes qui touchent ensuite différentes populations. En effet, le climat et les événements climatiques sont des déterminants de santé à plusieurs égards. Ils peuvent agir sur l'état de santé des individus de façon directe (p. ex., en cas de chaleur ou de froid extrême), indirecte (par la modification des écosystèmes qui entraînent à leur tour l'émergence de nouvelles maladies) ou en influençant d'autres déterminants dont les déterminants sociaux de santé (p. ex., perte de revenus lors d'un événement extrême) (Bélanger et coll., 2019).

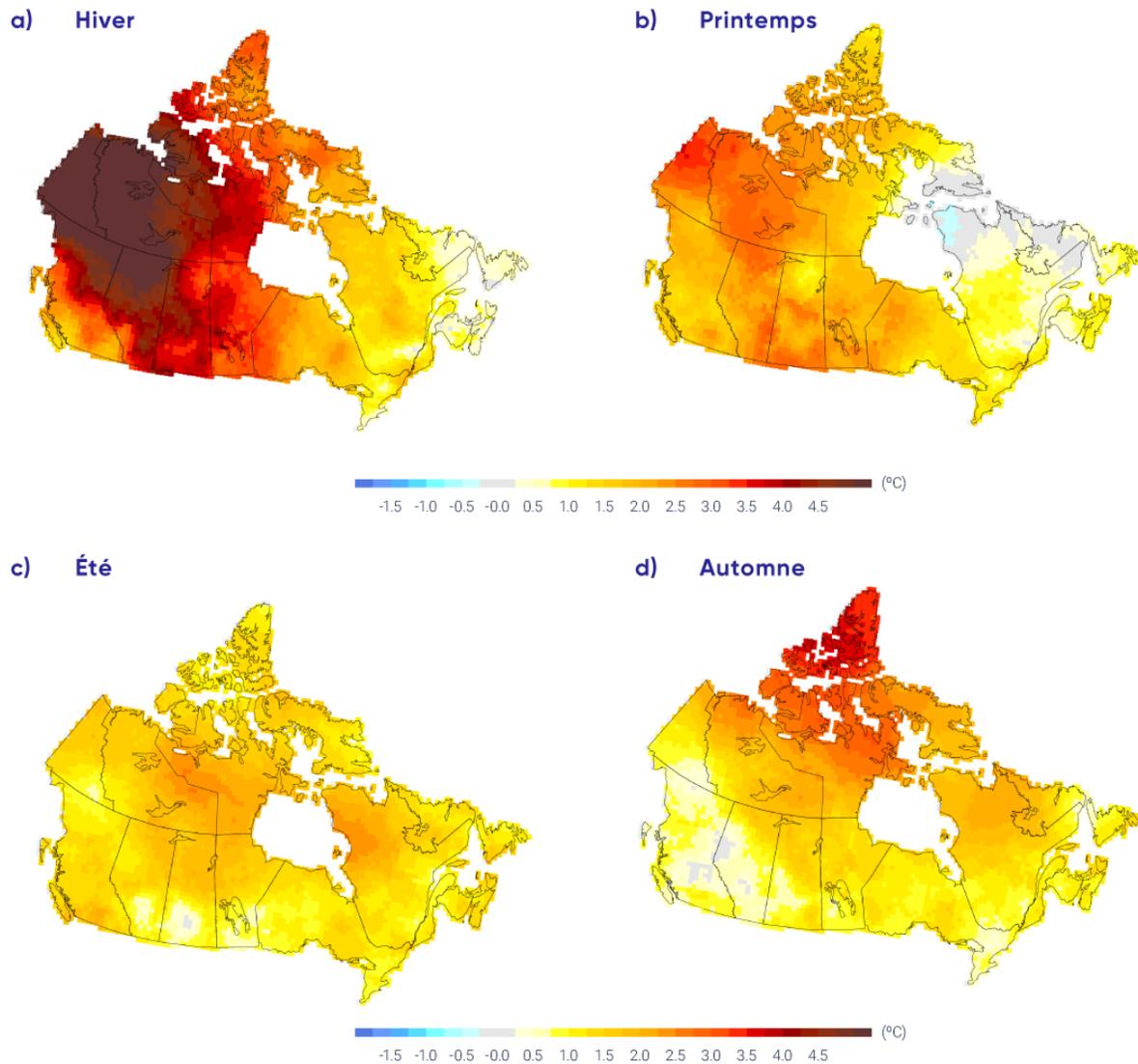
Cependant, les individus et les groupes sociaux n'ont pas la même capacité d'adaptation aux changements climatiques (Bélanger et coll., 2019) et certaines populations sont plus à risque d'en subir les effets directs, indirects ou sociaux. Ce risque est une notion construite autour de trois variables : la survenue d'aléa naturel, l'exposition réelle des populations et la vulnérabilité préalable qui inclut la sensibilité aux impacts et la capacité d'adaptation des personnes, des populations et des collectivités. Pour faire face aux défis de santé publique liés aux changements climatiques, la recherche et l'intervention doivent être axées sur ces trois paramètres : comprendre et circonscrire les aléas à venir, identifier les groupes à risque et comprendre leur capacité d'adaptation. Les sections suivantes fournissent des renseignements sur l'impact de ces changements passés et prévus sur la santé et la sécurité. Les responsables de la santé publique peuvent utiliser ces renseignements pour élaborer ou mettre à jour les politiques et les programmes nécessaires avec les partenaires, afin de protéger les Canadiens et les Canadiennes.

## 3.4 Réchauffement moyen et événements de chaleur extrême

### 3.4.1 Impacts des changements climatiques sur la chaleur – tendances et projections

#### 3.4.1.1 Températures moyennes annuelles

Les conséquences des changements climatiques découlent essentiellement d'une augmentation des températures moyennes à l'échelle planétaire. Le Canada ne fait pas exception, ayant subi une augmentation des températures moyennes de 1,7 °C entre 1948 et 2016 (figure 3.1), soit environ le double du réchauffement moyen observé à l'échelle mondiale (Zhang et coll., 2019). Les régions nordiques canadiennes (nord du Canada) sont particulièrement touchées, affichant une hausse moyenne de 2,3 °C, soit un réchauffement environ trois fois plus rapide que le rythme mondial (Zhang et coll., 2019). Les températures moyennes pour l'ensemble du Canada devraient augmenter de 1,8 °C, selon un scénario de faibles émissions, et de 6,3 °C, selon un scénario d'émissions élevées, pour la fin du siècle (2081-2100) par rapport à 1986-2005. Par corolaire, les températures moyennes estivales augmenteront partout au Canada bien qu'on observe de grandes variations en fonction des régions et des scénarios climatiques (Jeong et coll., 2016). Selon un scénario d'émissions élevées de GES (RCP 8.5), des villes situées dans le sud du pays comme Fredericton, Québec, Calgary et Victoria pourraient voir leurs températures moyennes estivales s'élever de 4 °C à 5 °C pour la période de 2051 à 2080, comparativement aux températures observées entre 1976 et 2005 (Prairie Climate Centre, 2019). Dans tous les cas, le nord du Canada continuera de se réchauffer plus rapidement que le sud du Canada, particulièrement en hiver (figure 3.2).



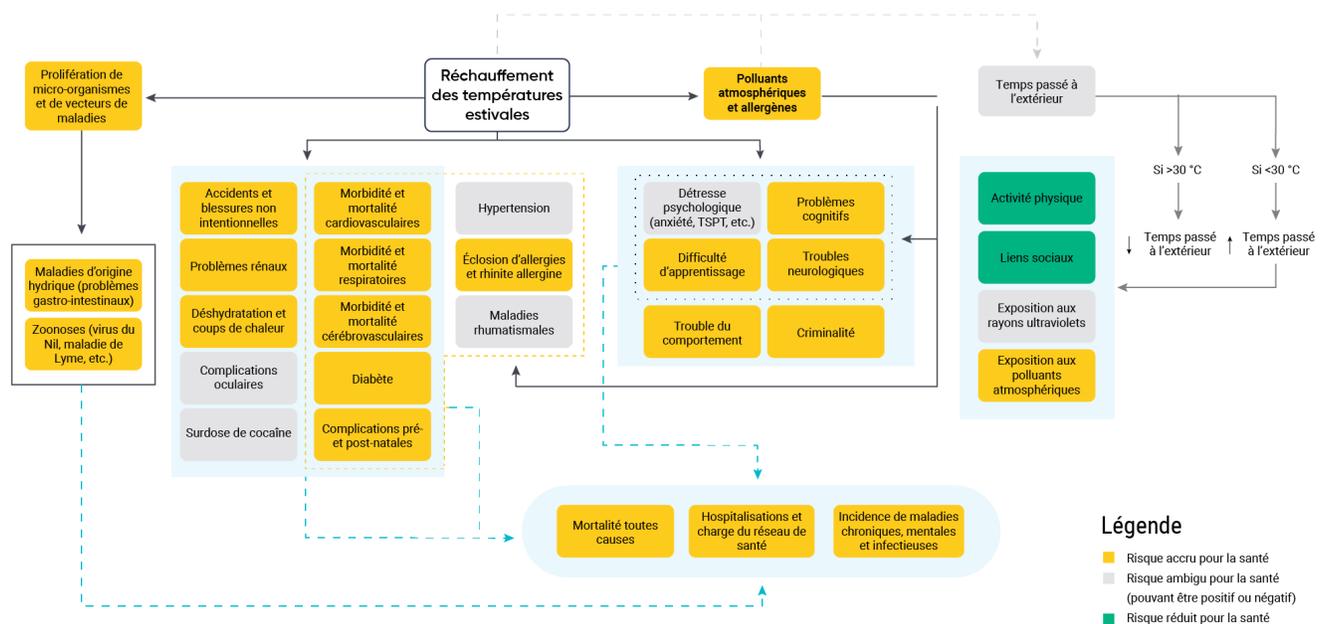
**Figure 3.2** Changements observés (en °C) dans les températures moyennes saisonnières de 1948 à 2016 pour quatre saisons. Source : Zhang et coll., 2019.

### 3.4.1.2 Événements de chaleur extrême

Il n'existe pas de définition universelle des événements de chaleur extrême (aussi appelés, parfois, des vagues de chaleur), et il n'y a aucun consensus sur la terminologie à utiliser pour décrire le temps chaud (Gachon et coll., 2016). L'augmentation moyenne des températures augmente également la fréquence et la durée des événements de chaleur extrême. Les journées chaudes avec une température maximale supérieure à 30 °C sont rarement observées dans les régions au nord du 60e parallèle (Zhang et coll., 2019). Dans le

sud du Canada, le nombre de journées chaudes au-dessus de 30 °C a augmenté annuellement d'environ un à trois jours au cours de la période de 1948 à 2016 dans certaines stations, et on s'attend à une augmentation pouvant atteindre 50 jours annuels d'ici la fin du siècle, selon le scénario RCP 8.5 (Zhang et coll., 2019). Selon ce scénario, le nombre annuel médian de jours chauds devrait varier d'environ 3 à 38 au Canada pour la période de 2081 à 2100, les régions des Prairies et de l'Ontario étant plus touchées. À mesure que les températures extrêmement chaudes deviendront plus fréquentes et plus intenses, elles augmenteront la gravité des événements de chaleur extrême (Zhang et coll., 2019). Le nombre d'événements de chaleur extrême d'au moins trois jours au-dessus de 32 °C<sup>1</sup> est susceptible d'augmenter dans les régions du sud du Canada, où vivent la plupart des Canadiens et des Canadiennes (Jeong et coll., 2016). Certaines régions, comme les basses-terres du Saint-Laurent (au Québec) et les Prairies, pourraient connaître deux à trois événements supplémentaires par été pour la période de 2049 à 2070, comparativement à la période de 1970 à 1999 (Jeong et coll., 2016). Il est également projeté que l'intensité et la durée de ces événements de chaleur extrême s'accroîtront (Sillmann et coll., 2013).

### 3.4.2 Effets de la chaleur sur la santé



**Figure 3.3** Cadre conceptuel montrant les effets directs et indirects de la chaleur extrême et de l'augmentation des températures sur la santé de la population au Canada. Les cases oranges indiquent que le risque pour la santé est accru, les cases vertes indiquent que le risque est réduit et les cases grises indiquent que la tendance des effets sur la santé en fonction des connaissances actuelles ne peut être déterminée. Les lignes pleines et pointillées distinguent les groupes d'impacts. Source : David Demers-Bouffard, INSPQ.

1 Définition d'une vague de chaleur selon Environnement et Changement climatique Canada. <<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/meteo-a-oeil/glossaire.html>>.

Au Canada, les aléas naturels qui ont les conséquences sanitaires les mieux documentées sont les événements de chaleur extrême. À travers le monde, les chaleurs extrêmes sont associées à une augmentation de la mortalité toutes causes confondues (Gasparrini et coll., 2015; Xu et coll., 2016) et du risque d'être hospitalisé pour des maladies cardiovasculaires et pulmonaires (Basu et coll., 2012; Turner et coll., 2012b; Lavigne et coll., 2014; Moghadamnia et coll., 2017; Sun et coll., 2018). Les sous-sections suivantes présentent les impacts sanitaires observés ou projetés de la chaleur extrême (figure 3.3).

### 3.4.2.1 Mortalité toutes causes confondues pendant les événements de chaleur extrême

Entre 1986 et 2010, le pourcentage moyen de décès toutes causes confondues attribués aux événements de chaleur extrême s'élevait à 0,53 % au Canada (variant entre 0,18 % et 0,72 % selon la région) (Gasparrini et coll., 2015). Dans 26 villes canadiennes pour lesquelles le risque a été évalué, un événement de chaleur extrême accroîtrait en moyenne de 2 % à 13 % le risque de mortalité (Guo et coll., 2018). Une autre méta-analyse a également révélé que l'augmentation du risque de mortalité lié aux événements de chaleur extrême oscille entre 3 % et 16 % selon la définition d'événement de chaleur extrême ou de vague de chaleur utilisée (Xu et coll., 2016).

En Colombie-Britannique, 815 décès ont pu être attribués à des chaleurs extrêmes survenues entre 1986 et 2010. Selon la ville concernée, ces décès représentent une hausse du taux de mortalité de 4 % à 19 % le lendemain de l'événement et de 2 % à 19 % une semaine après l'événement (Henderson et coll., 2013). Un événement de chaleur accablante de près de cinq jours au Québec en 2010 a augmenté la mortalité quotidienne de 33 % dans le Grand Montréal et le taux de visites à l'urgence de 4 % par rapport à des périodes similaires (Bustinza et coll., 2013). Un événement très similaire survenu à la fin du même été n'a provoqué aucun impact mesurable, ce qui semble indiquer un effet d'acclimatation physique et comportementale à la chaleur. Ces impacts n'ont pas été détectés non plus lors des événements de chaleur extrême subséquents de 2011 à 2015 au Québec, sauf dans la région de Montréal (Lebel et coll., 2017). Il est essentiel de prendre en compte les températures nocturnes et l'environnement local pour comprendre les impacts de la chaleur sur la santé. En Colombie-Britannique, une augmentation de 5 % de la mortalité a été associée à des prévisions de températures de 29 °C à 35 °C le jour et de 14 °C à 18 °C la nuit, selon la région (McLean et coll., 2018). L'influence de l'humidité sur la relation entre la chaleur et la mortalité peut être importante, mais les données dans la documentation sont contradictoires (Barnett et coll., 2010; Barreca, 2012; Xu et coll., 2012; Parsons, 2014; Ho et coll., 2016; Zeng et coll., 2017).

### 3.4.2.2 Caractérisation du lien entre la mortalité et la chaleur

En général, la mortalité associée à un événement de chaleur extrême augmente à mesure que l'intensité et la durée augmentent, l'intensité ayant un effet plus important (Xu et coll., 2016). Par exemple, un événement de chaleur extrême au Québec au cours de l'été 2018 a causé 86 décès, tandis que 291 surmortalités ont été enregistrées lors de l'événement de chaleur extrême de 2010 (Lebel et coll., 2019). Bien que la portée, la durée et le moment des deux événements aient été semblables, l'événement de chaleur extrême de 2010 a été plus intense. À l'échelle mondiale, la mortalité liée à la chaleur a tendance à diminuer avec le réchauffement des

températures mondiales indépendamment du niveau d'utilisation de la climatisation, ce qui indique que les gens peuvent devenir moins sensibles à la chaleur en raison de l'acclimatation physique, des changements de comportement et de la mise en œuvre de mesures d'adaptation structurelle (Arbuthnott et coll., 2016) (voir le chapitre 10 : Adaptation et résilience des systèmes de santé).

### 3.4.2.3 Mortalité liée aux projections climatiques

Comme il a été mentionné ci-dessus, à mesure que le réchauffement climatique se poursuit, en plus de l'augmentation des températures annuelles et saisonnières moyennes, l'intensité et la fréquence des événements de chaleur extrême augmenteront, de même que leur impact sur la mortalité s'il n'y a aucune autre adaptation. Comparativement à la période de 1971 à 2020, la surmortalité moyenne<sup>2</sup> liée aux événements de chaleur extrême au Canada de 2031 à 2080 devrait passer de 155 % à 390 %, en fonction du scénario d'émissions de GES retenu (RCP 2.6 pour l'estimation la plus basse et RCP 8.5 pour l'estimation la plus élevée). Avec une forte croissance démographique à l'avenir, ces pourcentages varient de 188 % à 455 % (Guo et coll., 2018).

### 3.4.2.4 Hospitalisations toutes causes confondues et hospitalisations pour des maladies cardiovasculaires

En Ontario, les journées les plus chaudes (99<sup>e</sup> centile) de 1986 à 2013 ont accru le nombre d'hospitalisation pour maladies cardiovasculaires de 6 % comparativement aux températures optimales où le taux de mortalité est à son plus bas (Bai et coll., 2017). Selon les estimations, pendant cette période, 1,2 % des hospitalisations globales pour maladies cardiovasculaires étaient attribuables à la chaleur, la majorité découlant de chaleurs modérées plutôt qu'extrêmes. À Toronto plus précisément, le nombre de demandes d'ambulance attribuables à la chaleur était 12,3 % plus élevé pendant les événements de chaleur extrême de 2005, de 2006 et de 2010 que pendant la semaine précédant et celle suivant chaque événement (Graham et coll., 2016). Des augmentations du nombre d'hospitalisations et du nombre de visites à l'urgence potentiellement liées à la chaleur ont également été constatées lors de vagues de chaleur dans certaines régions du Québec entre 2010 et 2015 (Lebel et coll., 2017). En 2018, l'événement de chaleur extrême survenu au Québec a fait passer de 11 % à 23 % le nombre de transports en ambulance dans l'ensemble des régions touchées, certaines ayant aussi observé une hausse du nombre de visites à l'urgence et d'hospitalisations (Lebel et coll., 2019). L'acclimatation physiologique à la chaleur semble jouer un rôle, puisqu'il a été estimé que les hospitalisations pour cardiopathie ischémique au Québec entre 1989 et 2006 étaient plus importantes chez les personnes âgées en début d'été et diminuaient avec l'avancement de la saison (Bayentin et coll., 2010).

### 3.4.2.5 Maladies cardiovasculaires et autres

Comme il est indiqué ci-dessus, les événements de chaleur extrême augmentent le risque d'hospitalisations liées aux maladies cardiovasculaires et de surmortalité. En Ontario, par exemple, chaque hausse de 5 °C

---

2 La surmortalité est définie, dans cette étude, comme étant la mortalité toutes causes confondues attribuable à des températures non optimales, la température optimale étant celle où l'on observe le minimum de mortalité.

au cours de l'été de 1996 à 2010 a été associée à un accroissement de 2,5 % du nombre de décès, surtout en lien avec les maladies cardiovasculaires (Chen et coll., 2016). D'autre part, la durée d'un événement de chaleur extrême semble également jouer un rôle dans l'impact sur les maladies cardiovasculaires. L'association entre les maladies cardiovasculaires et des jours précis (un jour) de chaleur extrême est plus ambiguë que l'association aux événements de chaleur extrême (Phung et coll., 2016). De plus, toutes les maladies cardiovasculaires ne semblent pas touchées de la même façon par la chaleur (Phung et coll., 2016). Les effets des jours individuels précis de chaleur extrême (un ou deux jours) sur la mortalité cardiovasculaire peuvent généralement persister jusqu'à une semaine après l'événement, mais toutes les études ne concordent pas (Huang et coll., 2011; Martin et coll., 2012; Ye et coll., 2012; Huynen et Martens, 2015). En plus de ces effets, les chaleurs extrêmes intensifient les complications associées au diabète et aux problèmes rénaux (Hajat et coll., 2017; Lim et coll., 2018) en plus d'augmenter le risque de blessures non intentionnelles (accidents) (Kampe et coll., 2016), de colique néphrétique (Ordon et coll., 2016), de décollement de la rétine (Auger et coll., 2017f) et de surdose de cocaïne (Auger et coll., 2017a). En Ontario, cependant, la chaleur ne semblait pas avoir d'incidence sur les hospitalisations liées à l'hypertension artérielle et à l'arythmie cardiaque (Bai et coll., 2016).

#### 3.4.2.6 Effets périnataux

Plusieurs complications périnatales ont également été associées à la chaleur, telles que la prématurité et l'accouchement précoce en cas d'exposition pendant le troisième trimestre (Auger et coll., 2014), la fausse couche (Auger et coll., 2017d) et les complications congénitales comme une malformation du cœur ou du tube neural en cas d'exposition pendant le premier trimestre (Auger et coll., 2017b; Auger et coll., 2017c).

#### 3.4.2.7 Impacts indirects de la diminution de la qualité de l'eau et de l'air

La chaleur a également des impacts indirects sur la qualité de l'eau et de l'air (voir le chapitre 5 : Qualité de l'air, et le chapitre 7 : Qualité, quantité et sécurité de l'eau). Elle accroît notamment l'incidence de maladies d'origine hydrique au sein de la population en favorisant la prolifération de bactéries et de cyanobactéries dans les sources d'eau douce (Funari et coll., 2012; Sterk et coll., 2013; Herrador et coll., 2015; Chapra et coll., 2017; Mayer-Jouanjan et Bleau, 2018). L'augmentation des températures accroît également les activités en eaux récréatives (p. ex., baignade, kayak, voile, surf), ce qui accroît le risque de subir des symptômes cutanés (p. ex., dermatite) ou gastro-intestinaux (Lévesque et coll., 2014; Boyer et coll., 2017; Askew et Bowker, 2018). Un examen complet des impacts sanitaires de la dégradation de la qualité ou de la quantité de l'eau au Canada est fourni au chapitre 7 : Qualité, quantité et sécurité de l'eau.

En ce qui concerne la qualité de l'air, la chaleur favorise la formation de polluants atmosphériques tels que l'ozone, qui sont reconnus pour accroître la morbidité et la mortalité liées aux maladies pulmonaires et cardiovasculaires (Organisation mondiale de la Santé, 2013a; Beelen et coll., 2014). Un examen exhaustif des impacts sanitaires de la dégradation de la qualité de l'air attribuable aux changements climatiques au Canada est fourni au chapitre 5 : Qualité de l'air.

### 3.4.2.8 Santé psychosociale

Les températures chaudes ont également des impacts sur la santé psychologique et sociale. Parmi leurs effets, les températures élevées augmentent le stress et la propension des gens à avoir un comportement agressif, comme en témoigne l'augmentation des taux de crimes et de crimes violents observée dans certaines villes américaines, en particulier dans les quartiers défavorisés; dans 20 % de ces quartiers, la moitié de l'augmentation de la criminalité au cours de périodes précises a été attribuée aux températures élevées (Mares, 2013; Ranson, 2014). Les chaleurs extrêmes peuvent pousser à s'isoler chez soi en décourageant la pratique d'activités extérieures comme les activités sportives et récréatives (Zivin et Neidell, 2014), ce qui peut ainsi réduire les interactions sociales et l'activité physique. L'isolement peut aussi mettre en danger la santé des individus qui dépendent de leur réseau social pour faire face aux aléas, en particulier les personnes âgées, les minorités ou les personnes à faible revenu (Bolitho et Miller, 2017; Williams et coll., 2017).

Les chaleurs extrêmes contribuent également à l'apparition de problèmes psychologiques et comportementaux. À Toronto, par exemple, les températures les plus chaudes (99<sup>e</sup> centile) entre 2002 et 2010 avaient accru de 29 % les visites à l'urgence pour la schizophrénie, les troubles de l'humeur et les troubles névrotiques sur une période de sept jours en comparaison aux visites lors de températures moyennes (Wang et coll., 2014). Une tendance similaire a été établie dans la région du sud du Québec (Vida et coll., 2012) où, en plus de la chaleur, une forte humidité avait été associée aux visites à l'urgence pour des problèmes de santé mentale chez les moins de 65 ans.

Dans une quinzaine d'études, les températures ambiantes élevées ont été corrélées avec une augmentation du taux de suicide, l'augmentation du risque relatif augmentant en moyenne de 1 % à 37 % pour chaque augmentation de 1 °C de la température moyenne annuelle (Thompson et coll., 2018). Une méta-analyse couvrant 341 villes dans 12 pays a estimé que le risque le plus élevé de suicide était observé à une température moyenne de 27 °C (93<sup>e</sup> centile), mais que chaque pays avait ses particularités (Kim et coll., 2019). Au Canada, ce risque maximum était observé à 24 °C de température moyenne, soit le 99<sup>e</sup> centile de température annuelle (Kim et coll., 2019). Les auteurs soulignent que ces analyses comportent des limites et que d'autres études sont nécessaires. La cause exacte de l'augmentation des suicides par temps chaud est inconnue.

L'augmentation de la demande pour les services sociaux et les soins dans les établissements de santé découlant des effets de la chaleur accroît le fardeau de ces institutions qui pourraient avoir du mal à y répondre (Curtis et coll., 2017). Les augmentations de la demande en soins de santé reliées à la chaleur entraînent également un stress supplémentaire chez les personnes travaillant dans les services sociaux et de santé en accroissant leur charge de travail (davantage de clients); ce stress peut accroître le risque de diminution de la qualité des soins (Curtis et coll., 2017). Pour une évaluation des impacts des changements climatiques sur la santé mentale au Canada, voir aussi le chapitre 4 : Santé mentale et bien-être.

### 3.4.2.9 Impacts bénéfiques

L'augmentation des températures, en dehors des événements extrêmes, peut avoir des impacts positifs. Le prolongement de la saison estivale et l'augmentation du nombre de journées propices aux activités extérieures pourraient inciter les populations à effectuer davantage d'activité physique ou à participer à un

plus grand nombre d'événements sociaux (Baert et coll., 2011; Witham et coll., 2014; Remmers et coll., 2017). Cet effet sera toutefois partiellement ou totalement compensé par l'effet dissuasif de la chaleur extrême; le temps consacré aux activités extérieures plafonne et décroît lorsque les températures dépassent 30 °C (Zivin et Neidell, 2014).

### 3.4.3 Populations présentant des risques accrus face à la chaleur

#### 3.4.3.1 Aînés

Les aînés (en général 65 ans et plus), comparativement aux adultes plus jeunes, sont plus à risque d'éprouver les effets de la chaleur parce qu'ils ont une capacité d'adaptation physique plus faible, adoptent moins de comportements préventifs et affichent un niveau d'isolement social et de dépendance plus élevé (Bélanger et coll., 2015; Laverdière et coll., 2015; Laverdière et coll., 2016; Valois et coll., 2017b). Les maladies chroniques préexistantes comme les maladies cardiovasculaires, l'hypertension artérielle et le diabète, plus fréquentes chez les aînés, constituent également des facteurs de risque pour ce qui est des impacts de la chaleur sur les aînés (Laverdière et coll., 2015; Laverdière et coll., 2016; Hajat et coll., 2017). De plus, les personnes âgées de 70 ans et plus ne se perçoivent pas toujours comme étant vulnérables, une croyance qui peut diminuer leur prédisposition à adopter des comportements préventifs (Boeckmann et Rohn, 2014; Valois et coll., 2020b). À mesure que la population vieillit au Canada, on s'attend à ce que l'ampleur des impacts sanitaires liés à la chaleur augmente s'il n'y a aucune autre adaptation.

Les facteurs de risque, comme un faible statut socioéconomique, des affections préexistantes, l'utilisation de médicaments, la vie dans un îlot de chaleur urbain, l'isolement social et la perte d'autonomie, peuvent accroître les impacts de la chaleur extrême. Par exemple, les aînés dans le sud du Québec (au sud du 49<sup>e</sup> parallèle) qui présentent au moins six des facteurs de risque ci-dessus ont huit fois plus de chances d'être admis à l'urgence et sept fois plus de chances de décéder ou d'être hospitalisés lors de chaleurs extrêmes, comparativement à ceux qui n'ont qu'un seul facteur de risque ou qui n'en ont aucun (Laverdière et coll., 2016).

Les risques sanitaires pour les personnes âgées semblent également modulés par l'augmentation des températures ou les variations de température entre la nuit et le jour. De 2006 à 2010, les aînés québécois étaient respectivement admis à l'urgence et hospitalisés 1,7 et 2,7 fois plus fréquemment lors des journées chaudes comparativement aux jours estivaux normaux (Laverdière et coll., 2016). Selon des méta-analyses portant sur les aînés, chaque hausse d'un degré de la température accroît en moyenne les taux de mortalité toutes causes confondues de 2 % à 5 %, les taux de mortalité cardiovasculaire de 3,4 %, les taux de maladies respiratoires de 3,6 % et les taux d'accidents vasculaires cérébraux de 1,4 %, en plus d'accroître les risques de subir des complications diabétiques, génito-urinaires et infectieuses (Yu et coll., 2012; Bunker et coll., 2016). Les variations des températures diurnes ont également une incidence sur la mortalité des aînés en partie à cause de leurs capacités d'adaptation physique plus faibles. Une étude concernant les impacts de la chaleur sur la santé à Montréal entre 1984 et 2007 a montré qu'un changement de température de 6 °C à 11 °C en 30 jours augmentait la mortalité quotidienne de 5 % chez les aînés, et cette augmentation atteignait 11 % pour un changement de 11 °C à 17,5 °C (Vutcovici et coll., 2014).

La majorité des études disponibles ne comparent pas les aînés à d'autres groupes d'âge; il est donc difficile d'affirmer avec certitude que les aînés sont plus touchés. Selon une méta-analyse comparant les personnes âgées aux groupes plus jeunes (15 à 64 ans), le risque de décès lié à la chaleur est supérieur de seulement 2 % pour les aînés (Benmarhnia et coll., 2015). D'autres recherches indiquent que les personnes de moins de 65 ans sont parfois les plus touchées, car elles passent davantage de temps à l'extérieur (Alberini et coll., 2011; Song et coll., 2017). Ainsi, même si la sensibilité des aînés à la chaleur tend à s'intensifier avec l'âge, l'exposition peut diminuer. Par exemple, à Vancouver, les personnes de 65 à 74 ans présentaient un risque plus élevé de décès que celles de 85 ans et plus lors de la semaine la plus chaude de 2009; le risque était plus élevé pour les personnes qui ne se trouvaient pas dans des établissements tels que des résidences pour personnes âgées, des hôpitaux ou des cliniques (Kosatsky et coll., 2012). D'autres facteurs accessoires de vulnérabilité (p. ex., les maladies chroniques) parfois associés aux aînés sont abordés dans les sections suivantes.

### Encadré 3.1 Chaleur et COVID-19

La pandémie de maladie à coronavirus (COVID-19) a aggravé le risque d'impacts de chaleur extrême pour certains groupes de population. En 2020 au Canada, les journées chaudes ont commencé très tôt au printemps et ont duré jusqu'en septembre, et le nombre d'événements de chaleur extrême a battu des records. Certaines personnes plus vulnérables à la chaleur sont également parmi les personnes les plus à risque d'hospitalisation et de décès en raison de la COVID-19 : les personnes âgées et les personnes avec un ou plusieurs problèmes de santé chronique tels que les maladies cardiovasculaires, pulmonaires ou rénales, l'hypertension artérielle ou l'obésité (Agence de la santé publique du Canada, 2020a). De plus, les symptômes reliés aux coups de chaleur peuvent être confondus avec ceux de la COVID-19, tels que des douleurs musculaires, des maux de tête, de la fatigue inhabituelle ou de l'épuisement, un malaise généralisé, de la difficulté à respirer, des vomissements ou de la nausée, de la fièvre ou une augmentation de la température corporelle (Santé Canada, 2020). Ceci peut mener à une mauvaise prise en charge des problèmes liés à la chaleur extrême et à la COVID-19.

Au moment d'écrire ces lignes, aucune analyse épidémiologique des impacts sanitaires des événements de chaleur extrême au Canada dans le contexte de la COVID-19 n'avait été effectuée. Pourtant, les foyers de soins de longue durée accueillant des personnes âgées ou des personnes ayant besoin de soins continus ont été des foyers d'éclosion au Canada (Agence de la santé publique du Canada, 2020b). Souvent, ces centres ont accès limité, voire nul, à la climatisation centrale lors d'événements de chaleur extrême, ce qui exerce une pression supplémentaire sur une population déjà fragilisée. De plus, la COVID-19 a forcé une diminution de l'utilisation des ventilateurs pour se rafraîchir dans ces établissements lors de vagues de chaleur, afin de minimiser les risques de transmission aérienne de la maladie lorsque plusieurs personnes se trouvent dans la même pièce (INSPQ, 2020a).

La fermeture généralisée de plusieurs secteurs de l'économie, associée aux recommandations d'isolement et de distanciation physique pour contrôler la pandémie, peut également augmenter le sentiment d'exclusion et le stress des personnes déjà vulnérables à la chaleur extrême en raison de problèmes de santé physique ou mentale (Findlay et coll., 2020).

### 3.4.3.2 Enfants

Les enfants sont plus à risque de subir les impacts des chaleurs extrêmes compte tenu de leur capacité d'acclimatation physique limitée et de leurs aptitudes restreintes à réagir adéquatement aux stress. Par exemple, le taux de visites pour traumatismes physiques et le taux de fracture en lien avec la température sont plus élevés chez les enfants que chez les adultes (Ali et Willett, 2015). L'incidence de problèmes rénaux, de fièvre, de déséquilibre électrolytique et de maladies respiratoires (p. ex., asthme) s'accroît également de façon importante pendant les événements de chaleur extrême chez les enfants (Xu et coll., 2014b).

En ce qui concerne la mortalité, un examen systématique des événements de chaleur extrême a révélé que la littérature existante n'établit pas de lien concluant entre la mortalité infantile et les événements de chaleur extrême (Xu et coll., 2014b). Bien que la mortalité infantile associée aux épisodes de chaleur extrême soit faible dans l'ensemble, elle augmente à mesure que l'âge diminue, les enfants de moins d'un an étant les plus vulnérables comparativement aux enfants âgés de moins de quatre ans et à ceux âgés de 5 à 14 ans (Xu et coll., 2012). Au Québec, les températures supérieures à 29 °C ont été associées à un risque presque trois fois supérieur de mort subite du nourrisson (Auger et coll., 2015). Enfin, les enfants vivant en milieu urbain sont davantage exposés aux impacts des événements de chaleur extrême, en raison d'une exposition accrue aux îlots de chaleur urbains et de concentrations plus élevées de polluants atmosphériques dans les villes (Vanos, 2015).

### 3.4.3.3 Sexe et genre

Les hommes semblent davantage exposés aux impacts de la chaleur, mais les causes ne sont pas bien définies. Au Québec, de 1989 à 2006, les hommes de 45 à 64 ans avaient un risque plus élevé d'être hospitalisés à cause d'une maladie ischémique du cœur lors d'événements de chaleur extrême (Bayentin et coll., 2010). De plus, les hommes de 40 à 69 ans présenteraient également un risque accru de colique néphrétique lors de chaleurs accablantes (Ordon et coll., 2016). L'hypothèse actuellement proposée est que les hommes sont plus susceptibles d'être employés dans des professions présentant des risques d'exposition plus élevés. La chaleur fait augmenter le risque de décollement placentaire chez les femmes arrivant au terme de leur grossesse, ce qui peut être fatal à la mère comme au fœtus (He et coll., 2018).

### 3.4.3.4 Maladies chroniques

Les personnes ayant certaines maladies préexistantes ou à mobilité réduite constituent un autre groupe de population vulnérable aux effets de la chaleur. Par exemple, à Fredericton, à Winnipeg, à Windsor, à Regina et à Sarnia, les personnes atteintes de maladies cardiovasculaires ou pulmonaires ont déclaré s'être senties mal plus souvent lors du dernier événement de chaleur extrême (Alberini et coll., 2011). Une étude menée à Toronto a indiqué que le diabète augmentait la probabilité de se rendre à l'urgence ou d'être hospitalisé pour un problème cardiovasculaire lors d'événements de chaleur, bien que d'autres facteurs (hypertension artérielle, problèmes rénaux, cancers, etc.) aient été associés, sans toutefois être significatifs (Lavigne et coll., 2014). Les maladies respiratoires et le cancer préexistant faisaient également partie des facteurs de comorbidité associés à une visite à l'urgence ou à une hospitalisation en raison d'un problème cardiovasculaire lors d'événements de chaleur (Lavigne et coll., 2014). L'âge peut aussi influencer la relation

entre la chaleur et la comorbidité. Au Québec, les personnes âgées de 65 ans et moins des quartiers les plus défavorisés et souffrant d'au moins deux maladies chroniques rapportaient 4,2 fois plus de problèmes de santé reliés à la chaleur (Bélanger et coll., 2014). Les personnes de 65 ans et plus déclaraient 5,6 fois plus de problèmes de santé. Entre 2006 et 2010, les personnes âgées du sud du Québec ayant une incapacité importante (besoin d'aide pour effectuer les activités quotidiennes) avaient 2,5 fois plus de risques d'être admises à l'urgence et 2,7 fois plus de risques de subir physiquement les contrecoups de la chaleur (Laverdière et coll., 2016).

### 3.4.3.5 Consommation de médicaments ou abus de substances

La prise de médicaments peut accroître les impacts de la chaleur extrême en accélérant la déshydratation et la production de chaleur corporelle. Certains médicaments influant sur le système nerveux central (anticonvulsivants, antidépresseurs, anticholinergiques et psychotropes de façon générale), les diurétiques, les immunosuppresseurs, les interférons et certains anticoagulants peuvent augmenter le risque d'hyperthermie (Santé Canada, 2011; Bélanger et coll., 2015).

La consommation excessive de drogues ou d'alcool peut également rendre les individus plus sensibles aux effets de la chaleur. En Angleterre, les personnes ayant des problèmes de toxicomanie avaient un risque plus élevé de décéder lorsque les températures dépassaient le 93<sup>e</sup> centile de la répartition annuelle de température (Page et coll., 2012). De même, un risque accru de mortalité était associé à la consommation de cocaïne lors d'événements de chaleur extrême à Montréal (Auger et coll., 2017a).

### 3.4.3.6 Exposition au travail

Les personnes qui travaillent à l'extérieur dans les domaines de la construction, de l'agriculture, de la foresterie et dans des environnements de travail similaires sont plus exposées à la chaleur et aux risques sanitaires qui en découlent, bien que certains lieux de travail intérieurs, tels que les environnements industriels et les restaurants, puissent également être propices à l'hyperthermie. Le risque de blessure, de malaise ou de maladie au travail augmente en cas de chaleur extrême, tandis que la productivité des travailleurs décroît (Adam-Poupart et coll., 2014; Acharya et coll., 2018; Levi et coll., 2018; Adam-Poupart et coll., 2021). De 2004 à 2010 en Ontario, chaque degré au-dessus de 22 °C a fait augmenter de 75 % le nombre médian d'hospitalisations pour des malaises et des maladies au travail liés à la chaleur (Fortune et coll., 2014). De 2001 à 2016, dans les provinces du Québec, de l'Ontario, du Manitoba, de la Saskatchewan et de l'Alberta, chaque augmentation de 1 °C de la température estivale quotidienne maximale a fait augmenter de 28 % à 51 % le nombre quotidien de demandes de remboursement pour des maladies liées à la chaleur (p. ex., œdème, syncope, épuisement, insolation ou coup de chaleur) provenant des organismes d'indemnisation en matière de santé et de sécurité au travail, selon la province et l'indicateur de chaleur météorologique (Adam-Poupart et coll., 2021). Les demandes d'indemnisation pour blessures traumatiques (p. ex., fractures, coupures, brûlures) augmentent également de 0,2 % à 0,6 % pour chaque augmentation de 1 °C de la température estivale; par exemple, une augmentation de 0,2 % représente 64 demandes supplémentaires de prestations pour blessures traumatiques l'été au Québec (Adam-Poupart et coll., 2021). Le type de tâche (tâches manuelles par rapport aux tâches non manuelles) n'a aucune incidence sur ce risque de blessure

(Adam-Poupart et coll., 2015), mais les blessures liées à la chaleur sont plus fréquentes chez les hommes et les jeunes travailleurs (Adam-Poupart et coll., 2021). Les emplois nécessitant de travailler à l'extérieur ou dans des environnements propices à l'accumulation de chaleur exposent les travailleurs à un risque plus élevé de blessures liées à la chaleur (Adam-Poupart et coll., 2015; Acharya et coll., 2018; Varghese et coll., 2018; Adam-Poupart et coll., 2021).

### 3.4.3.7 Îlots de chaleur urbains

Les îlots de chaleur urbains correspondent à la différence de température observée entre les milieux urbains et les zones rurales environnantes, ainsi qu'entre les zones d'une ville donnée, par exemple entre un parc et un stationnement adjacent (îlots intra-urbains). L'imperméabilité et le faible albédo (niveau de réflectance solaire) des espaces urbains ainsi que le faible niveau de végétation causent la formation de ces îlots de chaleur intra-urbains (Beaudoin et Gosselin, 2016). L'albédo de villes comme Toronto et Montréal se situe autour de 0,2 sur une échelle de 1, ce qui indique que les matériaux et les couleurs utilisés, tels que l'asphalte et les toits foncés, absorbent beaucoup de chaleur le jour et en relâchent la nuit (Touchaei et Akbari, 2015; Graham et coll., 2016). Ces caractéristiques, auxquelles s'ajoute la chaleur produite par les véhicules automobiles, l'industrie, les appareils ménagers et la climatisation, élèvent la température ambiante.

Le taux de mortalité associé à la chaleur est ainsi plus élevé en milieu urbain qu'en milieu rural (Tan et coll., 2010; Gabriel et Endlicher, 2011; Wouters et coll., 2017). Même si l'exposition à la chaleur est plus élevée dans les centres urbains, la sensibilité à la chaleur pourrait être plus grande dans les communautés rurales et éloignées (Liang et Kosatsky, 2020). Les conséquences sanitaires de l'exposition à la chaleur sont donc étroitement associées au gradient d'intensité des îlots de chaleur intra-urbains. À Montréal par exemple, le taux de mortalité et de maladies respiratoires de 1990 à 2003 était plus élevé dans les îlots de chaleur d'intensité élevée que dans les endroits plus frais (différence de 6 °C à 8 °C), les taux étant de 1,4 à 14 fois supérieurs selon l'intensité de l'îlot et les concentrations d'ozone troposphérique (Smargiassi et coll., 2009). On a également trouvé un lien négatif entre la valeur foncière des maisons et la mortalité : une valeur plus élevée reflétait généralement un logement de meilleure qualité doté d'une bonne isolation, d'une meilleure ventilation et d'une climatisation, et possiblement un meilleur état de santé et donc, une vulnérabilité moindre. De surcroît, les îlots de chaleur urbains aggravent les iniquités en santé. Les personnes ayant un faible statut socioéconomique ont tendance à vivre dans des quartiers où se trouvent des îlots de chaleur de forte intensité et où les espaces verts sont rares, ce qui augmente leur risque d'exposition à la chaleur (Bélanger et coll., 2014; Ngom et coll., 2016).

### 3.4.3.8 Populations autochtones

Les Premières Nations, les Inuits et les Métis sont particulièrement sensibles aux impacts des changements climatiques, y compris les impacts indirects de l'augmentation des températures sur l'environnement et les impacts directs et indirects de la chaleur extrême (voir le chapitre 2 : Changements climatiques et santé des Autochtones du Canada). Les peuples autochtones ont des relations étroites avec la terre, la mer, les animaux et les ressources naturelles qui sont perturbés par les changements climatiques, particulièrement dans les régions nordiques où se trouvent de nombreuses communautés.

Bien qu'il n'y ait pas de chaleur extrême dans le nord du Canada, les peuples autochtones de l'Arctique et de la région subarctique sont touchés par le réchauffement des températures. La diminution et la fragilisation de la glace marine, du pergélisol et du manteau neigeux, par exemple, ont un large éventail d'impacts, comme le risque accru de blessures ou l'augmentation du nombre d'opérations de sauvetage, les impacts sur le transport, la chasse et l'accès aux aliments traditionnels ou prélevés dans la nature, ou encore la perte de savoir autochtone (Durkalec et coll., 2014; Clark et coll., 2016a; Clark et coll., 2016b) (voir le chapitre 2 : Changements climatiques et santé des Autochtones du Canada). Le réchauffement des températures pourrait également accroître l'incidence des maladies d'origine alimentaire en favorisant la croissance bactérienne et la formation de toxines dans les lieux d'entreposage de la nourriture (Hedlund et coll., 2014; Bruce et coll., 2016) (voir le chapitre 8 : Salubrité et sécurité des aliments). Les populations inuites, qui utilisent des méthodes de conservation naturelles et consomment des viandes crues, sont principalement à risque. Ces conséquences pourraient entraîner une diminution de la consommation d'aliments traditionnels chez les Inuits, les Métis et les Premières Nations. Les aliments traditionnels sont généralement plus nutritifs et utilisés davantage pour les traditions spirituelles, comparativement aux aliments achetés en magasin ou transformés. Les Inuits subissent déjà les impacts du réchauffement des températures sur les aliments traditionnels, ce qui a une incidence sur la sécurité alimentaire dans de nombreuses collectivités. Près de la moitié des populations des Premières Nations au Canada connaissent une insécurité alimentaire grave ou modérée (Centre de gouvernance de l'information des Premières Nations, 2018). Le réchauffement des températures pourrait amener les peuples des Premières Nations à réduire la quantité ou la qualité des aliments consommés.

### 3.4.3.9 Défavorisation matérielle et sociale

En plus d'avoir plus de maladies préexistantes, les personnes à faible revenu vivent plus souvent dans des logements mal isolés, mal ventilés et dépourvus de climatisation (Kosatsky et coll., 2009; Bélanger et coll., 2014; Bélanger et coll., 2016). À Vancouver, les quartiers comptant plus de 20 % d'habitants sous le seuil de pauvreté ont affiché un taux de mortalité 23 % supérieur aux autres quartiers lors de l'événement de chaleur extrême de 2009 (Kosatsky et coll., 2012). Cependant, une méta-analyse a estimé que le risque de décès lié à la chaleur n'est pas différent entre les personnes habitant dans des circonscriptions considérées comme défavorisées et celles des circonscriptions favorisées (Benmarhnia et coll., 2015). Cette observation a également été faite au Québec lorsque des aires de distribution défavorisées ou très défavorisées ont été comparées à d'autres aires de distribution lors des événements de chaleur extrême de 2010 et de 2011 (Lebel et coll., 2015). Bien que l'impact du statut socioéconomique sur les décès pendant les périodes chaudes soit moins défini, l'impact sur les consultations médicales ou les visites à l'hôpital est plus évident. Au Québec, les personnes dans le quintile de revenu inférieur étaient 20 % plus susceptibles de consulter un médecin pendant les événements de chaleur extrême parce qu'elles en subissaient davantage les conséquences sanitaires (Bélanger et coll., 2014). De 2006 à 2010, les personnes âgées du sud du Québec dont le revenu du ménage était inférieur à 20 000 \$ avaient presque trois fois plus de chances d'aller à l'urgence, d'être hospitalisées ou de décéder à cause de la chaleur lorsque les températures dépassaient 30 °C (Laverdière et coll., 2016).

### 3.4.3.10 Personnes en situation d'itinérance

Personnes en situation d'itinérance sont plus touchées par la chaleur extrême, qui exacerbe les problèmes de santé existants ou en cause de nouveaux (Ramin et Svoboda, 2009; Cusack et coll., 2013; Pendrey et coll., 2014). Une grande proportion des personnes en situation d'itinérance ont des problèmes de santé mentale et de toxicomanie, cette proportion allant de 23 % à 67 % selon la ville concernée (ICIS, 2007). La prévalence des maladies chroniques est également plus élevée chez personnes en situation d'itinérance. Cependant, les problèmes de santé de cette population demeurent mal documentés au Canada (Commission de la santé mentale du Canada, 2014). Entre 136 000 et 156 000 Canadiens et Canadiennes utilisent les refuges d'urgence chaque année (Comité consultatif sur l'itinérance, 2018).

### 3.4.3.11 Communautés racisées

Les effets de la chaleur sur la santé des populations racisées sont peu étudiés au Canada, les études sur le sujet ayant été effectuées essentiellement aux États-Unis. Par exemple, les personnes noires avaient un risque plus élevé d'être hospitalisées lors des événements de chaleur extrême survenus entre 2001 et 2010 aux États-Unis (Schmeltz et coll., 2015). Dans la plupart des 175 plus grandes villes des États-Unis, les personnes racisées sont en moyenne plus exposées aux îlots de chaleur urbains que les personnes blanches non hispaniques et les personnes vivant sous le seuil de pauvreté (dans la moitié des villes), ce qui indique que les inégalités généralisées dans l'exposition à la chaleur par ces personnes racisées ne peuvent pas être bien expliquées uniquement par les différences de revenu (Hsu et coll., 2021). Par contre, les liens entre la chaleur et la mortalité parmi les populations racisées sont plutôt complexes selon la littérature actuelle qui indique des effets en baisse, en hausse ou inexistantes parmi les différents groupes (Gronlund, 2014).

Pour les peuples autochtones, la chaleur peut causer d'importants problèmes de santé en raison d'un certain nombre de facteurs aggravants. Les inégalités et les iniquités en santé existantes liées aux déterminants de la santé chez les Premières Nations, les Inuits et les Métis augmentent leur sensibilité aux impacts de la chaleur extrême sur la santé. Les populations autochtones ont généralement une prévalence plus élevée de certaines maladies, comme les maladies cardiovasculaires et le diabète (Chu et coll., 2019; Hu et coll., 2019), en plus d'avoir des revenus faibles et des logements insalubres; tous ces facteurs sont associés à une aggravation des effets de la chaleur intense (Administrateur en chef de la santé publique du Canada, 2016). Une part disproportionnée des personnes en situation d'itinérance dans les villes canadiennes sont autochtones (Patrick, 2014) et, tel qu'il est souligné ci-dessus, l'itinérance est associée à un risque plus élevé d'impacts de la chaleur sur la santé.

## 3.4.4 Mesures d'adaptation à la chaleur

### 3.4.4.1 Mesures d'adaptation individuelles

#### Climatisation

La climatisation est souvent citée comme une mesure d'adaptation à la chaleur à utiliser en priorité. Dans les immeubles sans climatisation, la température intérieure peut atteindre 1,5 fois la température extérieure (Lundgren Kownacki et coll., 2019). Aux États-Unis, le risque de décès lié à la chaleur est modulé par la température et par l'utilisation de climatiseurs (Nordio et coll., 2015). De plus, lors d'un événement de chaleur extrême, le risque d'hospitalisations dues à un coup de chaleur est moindre dans les comtés où la climatisation centrale est plus répandue (Wang et coll., 2016). Au Québec, dans les quartiers les plus défavorisés des villes les plus peuplées, les personnes disposant d'un système de climatisation intérieure étaient moins nombreuses à déclarer subir des effets néfastes lors de chaleurs extrêmes (Bélanger et coll., 2015). Néanmoins, la littérature actuelle au Canada et aux États-Unis semble également démontrer des effets non significatifs ou une absence d'association entre la climatisation et la diminution des impacts autodéclarés de la chaleur sur la santé (Alberini et coll., 2011; Bobb et coll., 2014; Bélanger et coll., 2015; Arbuthnott et coll., 2016).

L'utilisation généralisée de la climatisation peut aussi accroître la température extérieure à cause de la demande accrue en électricité et du rejet de l'air chaud à l'extérieur du logement. Des simulations à Paris et à Houston ont montré qu'une généralisation de la climatisation pourrait mener à une augmentation de 2 °C de la température extérieure dans les milieux urbains denses (de Munck et coll., 2013; Salamanca et coll., 2014). Pour les personnes à faible revenu, une climatisation soutenue du logement peut augmenter de façon importante la facture d'électricité, ce qui peut les forcer à choisir entre le paiement de l'électricité ou d'autres frais comme le loyer (Ng et coll., 2015). Ainsi, l'accès à des lieux climatisés ou qui permettent de se rafraîchir (piscines publiques, jeux d'eau, parcs) pourrait être préférable pour ce type de population. Enfin, l'utilisation modérée de la climatisation combinée à d'autres mesures (modifications structurales des toits et des fenêtres, utilisation de matériaux réfléchissants, verdissement des logements ou des quartiers) pourrait limiter les effets négatifs de la climatisation (Mavrogianni et coll., 2012; Fisk, 2015; Raji et coll., 2015). L'effet sur les émissions de GES, en fonction de la source d'électricité utilisée, doit également être pris en compte vu les effets sur les changements climatiques et la pollution atmosphérique, qui pourraient augmenter considérablement au Canada (Berardi et Jafarpur, 2020).

#### Ventilateurs

Selon certaines études, les ventilateurs seraient inefficaces pour réduire les impacts sanitaires de la chaleur lors de températures trop élevées ou en présence d'un taux d'humidité élevée. Au Canada, cependant, l'utilisation de ventilateurs pourrait être bénéfique pour les individus qui s'hydratent bien étant donné que les niveaux de température observés lors des événements de chaleur extrême sont souvent plus bas qu'ailleurs dans le monde (soit aux environs de 31 à 33 °C) (Gupta et coll., 2012; Jay et coll., 2015; Ravanelli et coll., 2015; Gagnon et coll., 2016).

### Encadré 3.2 Ajustement des mesures d'adaptation à la chaleur dans le contexte de la COVID-19

Bien que les mesures pour s'adapter à la chaleur ou pour en réduire les risques sanitaires soient connues et mises en œuvre depuis plusieurs années, la pandémie de COVID-19 a forcé la révision de ces mesures. Plusieurs mesures d'adaptation à la chaleur sont en effet incompatibles avec le mode de transmission par contact étroit de la COVID-19. Ainsi, les autorités de santé publique à travers le Canada, tout comme leurs homologues du monde entier, ont révisé leurs plans d'action pour les événements de chaleur extrême et leurs recommandations à la population pour la protection contre la chaleur (B.C. Centre for Disease Control, 2020; Bustinza, 2020; Centers for Disease Control and Prevention, 2020; Public Health England, 2020). Voici des exemples de rajustements :

- Les recommandations de fréquenter des endroits frais et climatisés comme les bibliothèques, les centres communautaires et les centres commerciaux ne peuvent s'appliquer puisque ces endroits sont souvent inaccessibles ou que leur accès est restreint. On recommande plutôt aux gens d'aller se rafraîchir dans des endroits frais ou climatisés de leur propre habitation, de passer du temps dans un espace vert ombragé en respectant l'éloignement physique ou de fréquenter des centres de rafraîchissement mis à disposition de la population vulnérable par les autorités locales, dans le respect des recommandations sanitaires et de ventilation pertinentes.
- L'utilisation des piscines et des jeux d'eau pour se rafraîchir doit s'effectuer en respectant les consignes d'hygiène et d'éloignement physique. L'utilisation non sécuritaire des lieux de baignade (p. ex., plage fermée, rivière) est susceptible d'accroître les risques de blessure ou de noyade. De plus, alors que les enfants restent à la maison pendant l'été tandis que les parents font du télétravail, le manque de surveillance peut également accroître le risque de noyade chez les enfants.
- La ventilation et la climatisation des lieux d'habitation collectifs et des centres d'hébergement (résidences pour personnes âgées, prisons, centres jeunesse, garderies, etc.), des camps de jour, des écoles et des établissements de santé doivent être maintenues afin de rafraîchir les personnes lors des événements de chaleur extrême. Cependant, cette ventilation ou climatisation doit être adaptée pour ne pas favoriser la propagation de la maladie entre les individus (résidents, patients, travailleurs, etc.). Des recommandations canadiennes et provinciales sont disponibles (Services de santé de l'Alberta, 2020; Santé Canada, 2020a; INSPQ, 2020a, INSPQ, 2020b; INSPQ, 2020c).
- Les parcs et espaces verts peuvent favoriser l'adaptation à la chaleur malgré la pandémie de COVID-19. Lorsque les mesures de distanciation physique sont respectées, les parcs et espaces verts représentent un des rares lieux sécuritaires offrant la possibilité de s'adonner à différentes activités physiques et sociales. Ils améliorent plusieurs dimensions de la santé physique et mentale en plus de représenter des îlots de fraîcheur lors d'un épisode de chaleur extrême (INSPQ, 2020d). Plusieurs municipalités canadiennes ont rouvert les parcs et les espaces verts et ont également permis aux gens de marcher librement dans les rues, en prenant des mesures pour minimiser le risque d'infection (Freeman et Eykelbosh, 2020; INSPQ, 2020d).

## Comportements et mode de vie

Plusieurs autres mesures préventives peuvent être adoptées à l'échelle individuelle pour réduire les risques reliés à la chaleur extrême, comme la réduction de l'utilisation de certains appareils électriques (ordinateur, sècheuse, four, etc.), la prise de douches ou de bains supplémentaires, une consommation accrue d'eau, la fréquentation d'endroits frais et la diminution de l'activité physique (Valois et coll., 2017b). Au Québec, un indice d'adaptation à la chaleur incluant 18 mesures d'adaptation liées à différentes variables comme le revenu, l'âge, le sexe et la perception a été mis au point pour surveiller ces comportements au fil du temps (Valois et coll., 2017b). Les perceptions du risque, du contrôle et de la vulnérabilité personnelle influencent également la prédisposition des individus à adopter des mesures préventives contre la chaleur (Valois et coll., 2020b). Ainsi, l'adoption ou non de comportements préventifs pourrait expliquer le lien complexe entre le risque de maladies cardiovasculaires et l'exposition brève et occasionnelle à la chaleur extrême (Phung et coll., 2016).

### 3.4.4.2 Mesures d'adaptation en santé publique

#### Systèmes d'avertissement de chaleur et plans d'action

À la suite d'événements de chaleur extrême meurtriers au cours des dernières décennies, plusieurs gouvernements à travers le monde se sont dotés de plans d'action sanitaire en cas de chaleur (ou d'événements de chaleur extrême), généralement associés à des systèmes de veille météorologique et sanitaire et à des systèmes d'avertissement. Afin que leur mise en œuvre soit optimale, les plans d'action en cas de chaleur et les systèmes d'avertissement doivent reposer sur des seuils météorologiques prédéterminés à partir desquels les risques sanitaires graves augmentent. Divers guides sont disponibles au Canada sur ce sujet : un guide sur la détermination des seuils d'avertissement pour les événements de chaleur extrême qui a été préparé afin d'aider les autorités sanitaires, les municipalités et tous les autres intervenants à mettre en œuvre les systèmes d'avertissements (Gachon et coll., 2016); un guide sur les pratiques exemplaires pour la mise en place d'un système d'avertissement et d'un plan d'intervention en cas de chaleur extrême (Santé Canada, 2012); et un ensemble de lignes directrices sur les médicaments, les facteurs de risque et les symptômes liés au stress provoqué par la chaleur extrême, afin d'aider les professionnels des soins de santé à réagir adéquatement en cas de chaleur extrême (Santé Canada, 2011).

Au Québec, un système de surveillance météorologique et sanitaire en temps semi-réel permettant de réaliser des alertes précoces (SUPREME) a été mis en œuvre dès 2010. Cela pourrait expliquer en partie la diminution importante de la mortalité observée entre l'épisode de chaleur extrême de 2010 et celui de 2018, en plus des plans d'action mis en œuvre depuis (Toutant et coll., 2011; Canuel et coll., 2019; Lebel et coll., 2019).

Les alertes de santé publique diffusées au moyen de divers médias et mécanismes (p. ex., téléphones intelligents, radio, télévision, médias sociaux, associations communautaires), qui sont activées lorsque la température extérieure atteint un certain seuil et qui indiquent des mesures préventives à prendre avant et pendant l'épisode de chaleur extrême, sont un moyen de joindre et d'informer rapidement les personnes plus vulnérables. Les recherches indiquent que ce type de système peut réduire la mortalité et le nombre de personnes qui sont transportées en ambulance vers les centres de santé pour y être prises en charge (Toloo et coll., 2013; Boeckmann et Rohn, 2014). Toutefois, la difficulté pour ces systèmes d'alerte est de joindre

les personnes les plus vulnérables, comme les personnes isolées ou en situation d'itinérance, ou encore les personnes sans moyens de communication électronique ou téléphonique. Dans la région de la Montérégie, au Québec, ce type de système a été conçu pour les aînés ou ayant certaines maladies préexistantes. Il a incité davantage de personnes à se rendre dans des endroits frais pendant un épisode de chaleur extrême, ou à rester à l'intérieur dans le cas des participants qui prenaient des mesures afin de rester au frais à la maison (Mehiriz et Gosselin, 2017; Mehiriz et coll., 2018). Les femmes participant à une étude sur le système ont consulté un fournisseur de soins de santé deux fois moins souvent que celles d'un groupe témoin.

Les plans d'action devraient également prévoir des dispositions afin d'appuyer les personnes les plus isolées socialement. Par exemple, à Rome, la proportion d'augmentation des décès toutes causes confondues pour les personnes de 75 ans et plus était 50 % plus faible dans les quartiers où un programme d'intervention sociale avait été mis en place pour améliorer l'appui social des personnes isolées ou malades (Liotta et coll., 2018).

### **Encadré 3.3 Amélioration des pratiques avec le plan d'action sur la chaleur de Montréal**

Dans la région de Montréal, les autorités sanitaires et municipales ont mis en œuvre un plan d'action en cas de chaleur extrême qui est déclenché si la température demeure à 33 °C ou plus (moyenne cumulative) pendant la journée et ne descend pas en dessous de 20 °C la nuit pendant trois jours consécutifs ou si la température est de 25 °C ou plus pendant deux nuits consécutives (Ville de Montréal, 2021). Le plan comprend des campagnes de sensibilisation dans les quartiers les plus à risque, la mise à disposition d'espaces climatisés, la prolongation des heures d'ouverture des piscines publiques, ainsi que des opérations de porte-à-porte pour vérifier que les gens vont bien. Une comparaison avec les événements de chaleur extrême survenus avant la mise en œuvre du plan montre que ces mesures ont divisé par cinq le nombre de décès quotidien, l'effet étant plus marqué chez les personnes âgées (Benmarhnia et coll., 2016). En ciblant les quartiers dans lesquels le statut socioéconomique des gens est faible, le plan a également réduit l'écart de mortalité liée à la chaleur entre les collectivités à statut socioéconomique élevé et faible.

#### **Santé et sécurité au travail**

La diminution des indemnisations lors d'événements de chaleur extrême en Australie, en Europe et aux États-Unis semble indiquer que les mesures d'adaptation obligatoires à partir d'un certain seuil (p. ex., allongement des périodes de repos, plus grand roulement des travailleurs, meilleur suivi de leur hydratation ou diminution de leur effort physique) diminuent efficacement les effets de la chaleur sur les travailleurs (Xiang et coll., 2014; Varghese et coll., 2018).

### 3.4.4.3 Mesures d'adaptation des infrastructures

#### Verdissement des quartiers

Le verdissement est une mesure d'adaptation pouvant réduire le phénomène des îlots de chaleur urbains (Giguère, 2012; Santé Canada, 2020b). À Toronto, lors d'événements de chaleur extrême, le nombre de demandes d'ambulance attribuables à la chaleur était cinq fois plus élevé dans les quartiers où le couvert d'arbres était inférieur à 5 % de la superficie totale, comparativement aux autres quartiers (Graham et coll., 2016). Le nombre de demandes est 18 fois plus élevé comparativement aux quartiers où le couvert d'arbres est supérieur à 70 %. Selon une simulation, un accroissement de 10 % de la végétation dans la ville de Toronto pourrait refroidir les températures estivales diurnes de 0,5 °C à 0,8 °C (Wang et coll., 2015).

Les avantages offerts par la végétation peuvent réduire le taux de mortalité des résidents à proximité des projets de verdissement et des parcs en général. Au Canada, une étude de cohorte menée sur 11 ans dans 30 villes, avec ajustements pour les facteurs de confusion, a permis de constater qu'une augmentation d'un quartile du niveau de végétation à moins de 500 mètres d'un lieu de résidence diminuait de 8 % à 12 % la mortalité toutes causes confondues en lien avec le diabète ou les systèmes cardiovasculaire et respiratoire (Crouse et coll., 2017).

#### Encadré 3.4 Les cobénéfices du verdissement sur la santé des collectivités

Outre la réduction de l'inconfort et des impacts sanitaires de la chaleur, les mesures liées au verdissement apportent de nombreux cobénéfices comme la diminution du stress, la réduction des concentrations de particules fines dans l'air et l'amélioration de la gestion de l'eau (Tallis et coll., 2011; Nowak et coll., 2013; Beaudoin et Levasseur, 2017). L'accès aux parcs et aux espaces verts n'est pas toujours égal. Par exemple, à Toronto, en Ontario, les collectivités à faible revenu et racialisées ont moins accès au couvert d'arbres et aux espaces verts publics, ce qui peut accroître leur exposition à la chaleur extrême (Greene et coll., 2018; Conway et Scott, 2020). L'accès équitable aux espaces verts doit être pris en compte lors de la mise en œuvre des stratégies de verdissement (voir le chapitre 9 : Changements climatiques et équité en santé).

Au Québec, plusieurs dizaines de projets de verdissement et de perméabilisation du sol ont été mis en œuvre dans la province pour combattre les îlots de chaleur urbains dans des quartiers où le niveau socioéconomique est faible. Les personnes concernées par ces mesures ont signalé une amélioration de leur qualité de vie par un accroissement du sentiment de sécurité, de la cohésion sociale et de l'autonomie des collectivités concernées (Beaudoin, 2016; Beaudoin et Gosselin, 2016; Santé Canada, 2020b).

### Réflectance des matériaux (albédo)

L'augmentation de la capacité des villes à se rafraîchir par temps chaud est optimisée lorsque le verdissement des milieux urbains est combiné à la pose de revêtements et à l'utilisation de matériaux ayant un albédo<sup>3</sup> élevé (Santé Canada, 2020b). En général, une augmentation de 0,1 de l'albédo (réflectance solaire) peut réduire la température ambiante d'environ 1 °C en cas de chaleur extrême (Santamouris, 2014). Selon une simulation, l'augmentation de l'albédo au sol de 0,2 à 0,4, de l'albédo des toits de 0,3 à 0,7, ainsi que l'accroissement de 10 % de la végétation dans la ville de Toronto pourraient diminuer la température diurne estivale ressentie de 3,6 à 4,6 °C (Wang et coll., 2015). À Montréal, une augmentation de l'albédo de 0,2 à 0,65 ferait diminuer les températures annuelles de 0,2 °C; la réduction irait jusqu'à 4 °C lors des jours de chaleur (Touchaei et Akbari, 2015). Cet impact sur la température ambiante a un effet direct sur la santé. Dans trois régions métropolitaines américaines (Atlanta, Philadelphie, Phoenix), un verdissement substantiel (au moins 50 % de la superficie urbaine) ou une augmentation importante de l'albédo (au-dessus de 0,45) pourrait réduire de 40 % à 99 % les hausses projetées des décès liés à la chaleur d'ici 2050 (Stone et coll., 2014). En Californie, l'installation généralisée de toits réfléchissants pourrait réduire de 51 % à 100 % l'accroissement de l'exposition à la chaleur causée par les changements climatiques d'ici 2050, selon le scénario d'émissions utilisé (Vahmani et coll., 2019).

### Environnement bâti, urbanisation et infrastructures communautaires

L'aménagement urbain peut également influencer les effets sanitaires de la chaleur extrême (Santé Canada, 2020b). À Vancouver, le risque de décès dans les zones denses ( $\geq 1\ 000$  personnes par km<sup>2</sup>) est plus élevé (43 %) que dans les zones moins denses (Kosatsky et coll., 2012). Cet effet est principalement expliqué par la rareté de la climatisation résidentielle et le taux de précarité plus élevé dans ces quartiers. Par contre, au Massachusetts, le risque de mortalité liée à la chaleur entre 1990 et 2008 n'était pas associé aux mesures d'urbanisation (Hattis et coll., 2012). Bien que la densité de la population soit associée au phénomène des îlots de chaleur urbains, l'étalement urbain augmente la superficie comprenant moins de surfaces réfléchissantes (p. ex., routes, trottoirs, toits) et fait généralement diminuer les zones végétalisées. Par exemple, les villes américaines plus étalées ont subi une augmentation plus importante du nombre d'événements extrême entre 1956 et 2005 (Stone et coll., 2010). Afin de diminuer le potentiel d'emmagasinement de la chaleur dans les collectivités et la mortalité associée, la densification urbaine devrait être combinée à des mesures de verdissement, d'ombrage et d'augmentation de la réflectivité solaire (Stone et coll., 2014).

La qualité du logement peut également avoir une incidence sur les risques sanitaires liés à la chaleur. L'utilisation de matériaux réfléchissants (p. ex., membrane blanche sur le toit), l'amélioration de l'isolation et de la ventilation des logements (active ou passive), en particulier les logements vétustes des quartiers défavorisés, et l'ajout de protection solaire aux fenêtres (volets, rideaux, etc.) peuvent réduire de façon substantielle l'exposition à la chaleur des résidents; de plus, ces mesures sont rentables à moyen et à long terme du point de vue de la consommation d'énergie (Mavrogianni et coll., 2012; Porritt et coll., 2012; Bélanger et coll., 2014; Ngom et coll., 2016).

---

3 L'albédo est la capacité de réfléchir l'énergie lumineuse; il est mesuré sur une échelle sans unité allant de 0 (absorption totale d'énergie, comme les surfaces noires) à 1 (réflexion totale, comme un miroir).

## 3.5 Exposition aux rayons ultraviolets

### 3.5.1 Impacts des changements climatiques sur les rayons ultraviolets – tendances et projections

Le niveau et l'intensité du rayonnement ultraviolet qui atteint la surface de la Terre à un endroit particulier sont influencés par de nombreux facteurs, tels que l'heure de la journée, la saison, l'épaisseur de la couche d'ozone, le type de couverture nuageuse, la réflexion sur la neige, l'altitude et la latitude. Par conséquent, les projections du rayonnement ultraviolet dans les scénarios climatiques futurs s'accompagnent de plusieurs incertitudes. Le Protocole de Montréal, un accord international sur les substances appauvrissant la couche d'ozone, a permis de protéger la couche d'ozone stratosphérique<sup>4</sup> et de prévenir l'augmentation à l'échelle mondiale du rayonnement ultraviolet solaire (Neale et coll., 2021). Cependant, dans l'Arctique, des épisodes d'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique, repérés pour la première fois au début des années 2010, continuent de se produire au printemps. Le dernier épisode, au printemps 2020, a entraîné la plus grande perte d'ozone mesurée à ce jour et a donné lieu à des indices UV deux fois plus élevés que d'habitude à plusieurs endroits de l'Arctique, comme dans le nord du Canada (Neale et coll., 2021, p. 3). En dehors de la région arctique, les petits changements dans les tendances du rayonnement UV au cours des 20 dernières années ont été principalement influencés par les nuages, les aérosols et la réflectivité de surface (Neale et coll., 2021).

Les impacts potentiels des changements climatiques sur les niveaux d'ozone stratosphérique sont complexes et incertains. Avec les changements climatiques, les modifications dans l'ozone stratosphérique et la couverture nuageuse pourraient entraîner une diminution du rayonnement ultraviolet (UV) ambiant, en particulier aux latitudes nordiques. La couverture nuageuse devrait augmenter au nord du 50<sup>e</sup> parallèle et, par conséquent, faire diminuer le rayonnement UV atteignant la surface de la Terre (Bais et coll., 2015). La réflectance solaire au niveau du sol ainsi que les concentrations d'aérosols et d'oxydes d'azote influent également sur le rayonnement UV qui atteint les humains. Dans le nord du Canada, le réchauffement des températures réduira la réflectance solaire au niveau du sol et le rayonnement UV en réduisant la couverture de neige et de glace (Bais et coll., 2015; Bais et coll., 2018).

Au sud du 50<sup>e</sup> parallèle, où vit la grande majorité des Canadiens et des Canadiennes, la couverture nuageuse devrait diminuer, principalement en raison d'une augmentation des concentrations de GES (Neale et coll., 2021). En outre, dans les latitudes moyennes (sud du Canada), l'augmentation des émissions de GES devrait stimuler la formation d'ozone dans les couches moyennes et supérieures de la stratosphère (Bais et coll., 2015), faisant ainsi diminuer les UV en basse atmosphère. La réduction prévue des concentrations anthropiques de certains polluants atmosphériques et aérosols pourrait, en revanche, faire augmenter l'intensité des rayons UV étant donné qu'ils sont actuellement partiellement bloqués par ces polluants. De plus, les comportements risqués d'exposition au soleil, tels qu'une augmentation du temps passé à l'extérieur et le port de vêtements offrant peu de protection solaire, ont tendance à augmenter lorsque les températures se réchauffent (Zivin et Neidell, 2014; Pinault et Fioletov, 2017). Il est donc difficile de déterminer l'effet net

---

4 La stratosphère est la deuxième couche de l'atmosphère et contient la couche d'ozone, qui est différente de l'ozone troposphérique (une source de pollution atmosphérique dans la basse atmosphère).

de tous ces facteurs sur l'intensité et le niveau d'exposition future aux UV, ainsi que sur les risques connexes pour la santé des Canadiens et des Canadiennes.

## 3.5.2 Effets des rayons ultraviolets sur la santé

### 3.5.2.1 Cancer de la peau

La surexposition aux rayons UV est la principale cause de cancer de la peau. L'Organisation mondiale de la Santé a classé les rayons UV comme un cancérigène de catégorie 1, c'est-à-dire qu'il existe des preuves scientifiques suffisantes de cancer chez l'humain (Centre international de recherche sur le cancer, 1992). Le risque de développer un mélanome malin, la forme la plus mortelle de cancer de la peau, a été associé à l'exposition aux rayons UV ambiants dans plusieurs pays, dont le Canada (Watson et coll., 2016; Pinault et coll., 2017). Les coups de soleil chez l'enfant peuvent augmenter le risque de mélanome plus tard dans la vie (Benedetti, 2019). L'exposition aux rayons UV et l'incidence des cancers de la peau s'aggravent avec l'augmentation des températures (Freedman et coll., 2015; Kimeswenger et coll., 2016; Kaffenberger et coll., 2017). Par exemple, il a été estimé qu'une augmentation de 2 °C augmenterait le nombre de cancers de la peau de 10 % par année (van der Leun et coll., 2008; Kaffenberger et coll., 2017). Bien que l'incidence du mélanome au cours de la dernière décennie (2005-2015) ait augmenté dans de nombreux pays, y compris au Canada, un modèle indique que si le Protocole de Montréal était pleinement mis en œuvre, environ 430 millions de cas de cancer des kératinocytes et 11 millions de cas de mélanome seraient évités rien qu'aux États-Unis, pour les personnes nées entre 1890 et 2100 (Neale et coll., 2021).

### 3.5.2.2 Cataractes et tumeurs oculaires

Les rayonnements UVA peuvent entraîner un vieillissement prématuré de l'œil, ce qui contribue à l'apparition de cataractes (Yam et Kwok, 2014; Delic et coll., 2017; Bais et coll., 2018; Ivanov et coll., 2018). Une exposition répétée peut également mener au développement de cellules cancéreuses cutanées autour de l'œil, de croissances précancéreuses de la sclère, de cancer conjonctival et de mélanomes intraoculaires (Yam et Kwok, 2014; Bais et coll., 2018; Ivanov et coll., 2018).

### 3.5.2.3 Immunosuppression

Une exposition excessive aux rayons UV peut favoriser l'immunosuppression, à la fois dans la peau et dans l'ensemble du corps. L'affaiblissement du système immunitaire restreint la capacité du corps à se défendre contre les bactéries, les virus et les maladies graves telles que le cancer (Hart et Norval, 2018). Cependant, l'immunomodulation par les rayons UV solaires peut aussi être favorable à certaines personnes étant donné qu'elle pourrait réduire l'incidence de maladies auto-immunes telles que la sclérose en plaques, le diabète de type 1, les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (p. ex., maladie de Crohn), l'arthrite et les allergies (Sloka et coll., 2008; Gorman et coll., 2010; Lucas, 2010; Holmes et coll., 2015; Lu et coll., 2015; Lucas et coll., 2015; Bais et coll., 2018; Simpson et coll., 2018).

### 3.5.2.4 Vitamine D et tension artérielle

Malgré ses effets nocifs, l'exposition aux rayons UV du soleil est la source la plus importante de vitamine D chez l'humain. De nombreux ouvrages scientifiques ont documenté les avantages de la vitamine D dans la réduction des problèmes osseux tels que le rachitisme, l'ostéomalacie et l'ostéoporose (Ross et coll., 2011; Wintermeyer et coll., 2016). Au Canada en 2009, 10 % de la population avait une carence en vitamine D et 32 % avait une concentration sanguine sous-optimale pour la santé osseuse, ces pourcentages augmentant de façon importante pendant les mois hivernaux (Vieth et coll., 2001; Rucker et coll., 2002; Janz et Pearson, 2013). La vitamine D peut également favoriser la santé cardiovasculaire, les maladies cardiaques constituant la principale cause de décès au Canada. Entre autres, l'exposition aux rayons UV solaires libère l'oxyde nitrique dans la peau, ce qui diminue la pression sanguine (Juzeniene et Moan, 2012; Halliday et Byrne, 2014; Liu et coll., 2014). Des évaluations ont indiqué qu'une exposition au soleil de 30 minutes réduit la pression sanguine de 5 à 7 mm Hg et pourrait ainsi diminuer de 34 % le risque de crise cardiaque (Cabrera et coll., 2016; Weller, 2017). La concentration adéquate de vitamine D dans le sang pourrait avoir d'autres avantages, comme la réduction de l'incidence du diabète de type 2, de l'obésité, de syndromes métaboliques et de cancers, même si le processus causal reste encore à déterminer (Mitchell, 2011; Pludowski et coll., 2013; Shore-Lorenti et coll., 2014; Gorman et coll., 2017; Bais et coll., 2018).

### 3.5.3 Populations présentant des risques accrus face au rayonnement ultraviolet

Certaines sous-populations tendent à s'exposer davantage aux rayons UV ou sont moins susceptibles de se protéger du soleil, alors que d'autres peuvent être sous-exposées. Au Canada, les coups de soleil ont été plus fréquents de 2005 à 2014 chez les hommes, les personnes jeunes, les personnes ne faisant pas partie des minorités visibles, les personnes faisant partie de ménages à revenu plus élevé et les personnes ayant un emploi (Haider et coll., 2007; Pinault et Fioletov, 2017). Les personnes travaillant à l'extérieur excèdent souvent les niveaux recommandés d'exposition aux rayons UV et courent ainsi un risque plus élevé de développer un cancer de la peau (Schmitt et coll., 2011; Fartasch et coll., 2012; Peters et coll., 2012; Modenese et coll., 2018).

Les groupes susceptibles d'être davantage exposés aux UV sont ceux qui ont la peau claire (p. ex., caucasien/blanc, cheveux blonds ou roux); et à l'inverse, les personnes à la peau foncée qui résident dans une région où le rayonnement UV est faible sont plus susceptibles d'avoir une carence en vitamine D (Jablonski et Chaplin, 2012; Correia et coll., 2014). Les voyages dans les climats tropicaux, certains médicaments qui rendent la peau plus sensible et le sexe masculin étaient également des facteurs de risque accru d'exposition aux UV (Pinault et Fioletov, 2017; Pinault et coll., 2017). La peau plus fragile des jeunes était également un facteur, surtout lorsqu'ils jouent beaucoup à l'extérieur sans protection (The Ontario Sun Safety Working Group, 2010; Joshua, 2012). De plus, les personnes utilisant certains médicaments ou produits sensibilisant la peau aux rayons UV, tels que les antidépresseurs, les antibiotiques, les antidiabétiques, les contraceptifs oraux, les immunosuppresseurs et certains produits cosmétiques, sont plus susceptibles de subir des réactions photoallergiques ou phototoxiques (Monteiro et coll., 2016).

## 3.5.4 Mesures d'adaptation aux ultraviolets

### 3.5.4.1 Mesures d'adaptation individuelles

#### Comportements et mode de vie

L'application d'écran solaire permet de protéger la peau des rayons UV et le port de lunettes de soleil permet de protéger les yeux des rayons UV. L'ombre fournie par un chapeau, des vêtements longs et des infrastructures serait plus efficace que les écrans solaires pour prévenir les coups de soleil et réduire l'exposition aux rayons UV (Linos et coll., 2012). Plusieurs facteurs peuvent influencer l'adoption de comportements protecteurs pour réduire l'exposition au soleil. L'un des principaux obstacles est le manque de connaissances générales concernant les risques de l'exposition aux rayons UV solaires et l'application appropriée d'écran solaire (Weinstein et coll., 2001; Dadlani et Orlow, 2008; Bränström et coll., 2010). Parmi les autres obstacles, mentionnons l'inconfort thermique associé au port de vêtements de protection solaire (longs et épais) par temps chaud, une attitude positive à l'égard du bronzage pour des raisons esthétiques, la croyance que la protection solaire entraîne une carence en vitamine D, le coût d'achat des écrans solaires et l'inefficacité ou la toxicité perçues des écrans solaires (Saraiya et coll., 2004; Dadlani et Orlow, 2008; Youl et coll., 2009; Bränström et coll., 2010; Burnett et Wang, 2011). En réalité, la plupart des gens n'appliquent pas suffisamment d'écran solaire, ne l'appliquent pas de façon uniforme ou ne l'appliquent qu'à certaines parties exposées de leur corps.

### 3.5.4.2 Mesures d'adaptation publiques

#### Sensibilisation

Les campagnes de sensibilisation ont démontré une certaine efficacité pour encourager des comportements de protection solaire, en particulier lorsqu'elles sont généralisées et accompagnées de changements structurels comme la construction d'espaces ombragés, la réduction du temps passé à l'extérieur dans les écoles ou la distribution d'écran solaire (Sandhu et coll., 2016). Cette combinaison d'interventions à grande échelle est associée à une hausse médiane de 11 % de l'utilisation d'écran solaire (Sandhu et coll., 2016). Plusieurs organismes gouvernementaux et privés au Canada promeuvent ce type d'interventions (Santé Canada, 2018). Par exemple, le projet « Sun Safety at Work Canada » cherche à soutenir l'implantation de programmes de protection solaire en milieu de travail en collaboration avec les employeurs et les décideurs (Kramer et coll., 2015).

### Surveillance environnementale

Sur le plan de la surveillance, Environnement et changement climatique Canada (ECCC) a créé l'indice UV comme outil permettant d'informer les Canadiens et les Canadiennes du potentiel délétère du rayonnement UV (Fioletov et coll., 2010). En 2018, ECCC a débuté la conception d'un nouveau système de prévision de l'indice UV qui fournirait des prévisions horaires et à long terme (quatre jours ou plus) de même que des cartes régionales et continentales du niveau de rayonnement UV (Tereszchuk et coll., 2018). La surveillance des mélanomes est également menée par plusieurs organisations au Canada, comme la Société canadienne du cancer et l'Agence de la santé publique du Canada (Société canadienne du cancer, 2019; gouvernement du Canada, 2020).

#### 3.5.4.3 Mesures d'adaptation des infrastructures

Plusieurs facteurs physiques peuvent également influencer le niveau d'exposition aux rayons UV solaires, comme les structures artificielles (p. ex., bâtiments) ou naturelles (p. ex., gros arbres) offrant de l'ombre. La protection solaire, en combinaison avec le confort thermique, devrait être prise en compte dans l'aménagement urbain. Les espaces verts, par exemple, peuvent à la fois réduire l'exposition aux rayons UV par l'ombre qu'ils procurent et l'augmenter en incitant les personnes à proximité à passer davantage de temps à l'extérieur (Astell-Burt et coll., 2014; Na et coll., 2014, 2014; Porcherie et coll., 2018). La Ville de Toronto est la première administration au Canada à inclure une politique sur l'ombre dans sa planification (Kapelos et Patterson, 2014; Holman et coll., 2018). Les structures qui fournissent de l'ombre peuvent également entraîner une réduction de la production de vitamine D en limitant l'exposition aux UV. Les taux sanguins de vitamine D des personnes vivant dans des zones très denses avec des bâtiments de grande hauteur peuvent être jusqu'à quatre fois inférieurs à ceux des personnes vivant dans une zone non ombragée (McKinley et coll., 2011; Wai et coll., 2015).

## 3.6 Événements de froid moyen et de froid extrême

### 3.6.1 Impacts des changements climatiques sur le froid – tendances et projections

Au cours des 70 à 100 dernières années, la température moyenne en hiver a augmenté et il y a eu moins de jours de froid extrême, tendance qui se poursuivra dans le futur (Zhang et coll., 2019). Le réchauffement des températures réduira la durée de la saison froide partout au Canada et fera diminuer l'intensité et la fréquence des froids extrêmes (Zhang et coll., 2019). Comparativement à la période 1976-2000, la majorité des diminutions prévues du nombre annuel de jours de gel ( $<0$  °C) selon un scénario de réchauffement climatique modéré (RCP 4.5) se situe entre 25 et 40 jours par année pour l'horizon 2051-2080 et pourrait atteindre 50

jours sur la côte Pacifique (Prairie Climate Centre, 2019). Selon un scénario d'émissions élevées (RCP 8.5), ces réductions sont supérieures à 45 jours par année dans la plupart des cas. Elles sont généralement moins importantes dans la région des Prairies, mais plus marquées en Colombie-Britannique et dans les provinces maritimes.

Si on poursuit la comparaison entre l'horizon 2051-2080 et la période 1976-2000, les simulations laissent entrevoir une diminution du nombre de jours de froid extrême ( $< -30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) avec les changements climatiques. Bien que des régions comme le sud de l'Ontario, les provinces de l'Atlantique et la côte du Pacifique ne subissent plus ce type de température, les régions nordiques des Prairies, de l'Ontario et du Québec devraient voir leur nombre de jours de froid extrême réduit de 15 à 35 jours par année selon un scénario d'émissions élevées (RCP 8.5) (Prairie Climate Centre, 2019). Le nombre de jours froids serait presque réduit à zéro dans la vallée du Saint-Laurent et le sud des Prairies (Prairie Climate Centre, 2019). Par exemple, on prévoit que le nombre de jours de froid extrême passera de 52 à 14 dans le nord-ouest (p. ex., Yellowknife) et de 13 à 2 jours dans les Prairies (p. ex., Saskatoon). Même si la réduction était moins importante avec un réchauffement climatique moins grave, peu de différences seraient observées au sud du Canada.

Les projections pour la durée des vagues de froid varient également fortement en fonction de la région canadienne. Selon un scénario d'émissions modérées (RCP 4.5), les projections quant à la réduction de la durée totale des vagues de froid vont d'un seul jour au Québec à environ cinq jours de moins dans le nord de la Colombie-Britannique et au Yukon pour l'horizon 2081-2100 (Sillmann et coll., 2013). Les résultats du scénario de fortes émissions (RCP 8.5) sont similaires, la différence entre les deux scénarios ne dépassant pas une journée pour la plupart des régions du Canada.

### 3.6.2 Effets du temps froid sur la santé

On sait que les températures froides (qu'elles soient extrêmes ou non) augmentent le risque de maladies cardiovasculaires et respiratoires ainsi que les accidents vasculaires cérébraux, de même que la mortalité liée à ces problèmes (Turner et coll., 2012b; Gill et coll., 2013; Phung et coll., 2016; Ryti et coll., 2016; Moghadamnia et coll., 2017; Sun et coll., 2018) et la mortalité en général (Gasparrini et coll., 2015; Liddell et coll., 2016; Hajat, 2017; Song et coll., 2017). La durée d'exposition individuelle au froid pour que ces différents effets sur la santé se fassent ressentir n'est toutefois pas bien connue (Ryti et coll., 2016), certains pouvant être observés jusqu'à deux semaines après un froid extrême, tandis que d'autres mettent plus de temps à se manifester (Kinney et coll., 2015; Liddell et coll., 2016; Phung et coll., 2016; Ryti et coll., 2016). L'humidité peut également influencer les effets du froid sur la santé, les deux extrêmes (faible et forte) semblant exacerber la mortalité et la morbidité rattachées au froid (Mäkinen et coll., 2009; Barreca, 2012; Davis et coll., 2016).

#### 3.6.2.1 Mortalité

Selon une étude visant 15 villes canadiennes réalisée entre 1981 et 2000, le risque de mortalité associé à la température minimale à Vancouver, à Ottawa, à Edmonton et à Montréal était entre 19 % et 72 % plus élevé en comparaison avec la température optimale (Martin et coll., 2012). En Ontario, chaque réduction de  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  pendant la saison hivernale correspondait à un accroissement moyen de 2,5 % du nombre de décès de 1996

à 2010 (Chen et coll., 2016). Une autre étude, utilisant un délai de latence de 30 jours, n'a toutefois pas trouvé de relation entre les températures froides et la mortalité à Montréal (Goldberg et coll., 2011). Au Québec, la mortalité toutes causes confondues n'est pas associée à des températures moyennes inférieures à 18 °C, lorsque la saison et l'influenza sont prises en compte (Doyon et coll., 2008). Le pourcentage de décès toutes causes confondues attribuables au froid a été calculé pour 21 villes canadiennes, et variait de 1,96 % à 5,53 % entre 1986 et 2012 selon la ville (Gasparrini et coll., 2015).

### 3.6.2.2 Infections

Les individus changent également leur comportement lors des événements de froid extrême, particulièrement en passant davantage de temps à l'intérieur. Les températures froides coïncident ainsi avec l'incidence maximale de gripes et d'infections respiratoires telles que la pneumonie et la bronchite parce qu'elles favoriseraient la propagation de ces maladies (Mäkinen et coll., 2009; Organisation mondiale de la Santé, 2013b; Xu et coll., 2014a; Bunker et coll., 2016) (voir le chapitre 6 : Maladies infectieuses). D'autres maladies infectieuses peuvent également être plus facilement transmises de cette façon, bien que le froid soit aussi associé à une diminution de la prolifération de maladies d'origine hydrique, tel qu'on l'a observé dans les régions arctiques et subarctiques (Hedlund et coll., 2014; Herrador et coll., 2015; Bruce et coll., 2016).

### 3.6.2.3 Hospitalisations et visites aux services d'urgence

Un examen systématique a permis de constater que le risque d'hospitalisation augmentait en moyenne de 2,8 % pour chaque degré de diminution de la température en deçà des conditions optimales (Phung et coll., 2016). Au Québec, les températures les plus froides entre 1989 et 2006 ont été associées à un excédent de visites à l'hôpital pour maladies ischémiques allant jusqu'à 12 % en hiver (Bayentin et coll., 2010). Toujours au Québec, les visites à l'urgence pour cardiopathies ischémiques sont plus nombreuses en début d'hiver et diminuent à mesure la saison avance, mettant ainsi en évidence un possible effet d'acclimatation physique et sociale (Bayentin et coll., 2010). Toutefois, le froid ne semble pas avoir d'effet particulier sur les problèmes rénaux et les troubles de santé mentale (Wang et coll., 2014; Lim et coll., 2018). De plus, aucun lien n'a été trouvé à Toronto entre les froids extrêmes (1<sup>er</sup> centile) et les visites à l'urgence pour des troubles psychologiques ou de comportement (Wang et coll., 2014).

### 3.6.2.4 Impact global sur la santé

On s'attend à ce que les changements climatiques aient un effet net sur l'atténuation de certains des effets néfastes du froid sur la santé au Canada. Des projections selon un scénario de réchauffement climatique moyen pour 15 villes canadiennes ont indiqué que les taux de décès annuels reliés au froid pourraient diminuer, selon la ville, de 3 à 19 décès par 100 000 habitants d'ici 2079, par rapport aux taux actuels (Martin et coll., 2012). De plus, les températures hivernales plus chaudes encouragent les gens à consacrer plus de temps à des activités de plein air, ce qui favorise l'activité physique et les liens sociaux. Cette augmentation du temps passé à l'extérieur pourrait également réduire le risque de propagation de maladies infectieuses comme le rhume, la grippe et les infections pulmonaires (Mäkinen et coll., 2009; Bunker et coll., 2016).

Cependant, le réchauffement des températures hivernales risque d'accroître le nombre de fractures, étant donné que les températures près du point de congélation et les épisodes de pluie suivis d'une baisse importante de température ont été associés à un risque plus élevé de chute, selon une étude menée à Montréal (Morency et coll., 2012). Puisque l'hiver est souvent associé à une augmentation des épisodes de smog et des concentrations de matières particulaires, cette augmentation pourrait aussi accroître l'exposition aux polluants atmosphériques (Jerrett et coll., 2005).

### 3.6.3 Comparaison annuelle de la mortalité due au froid et à la chaleur

Au Canada comme dans le monde entier, les décès attribuables aux températures froides en hiver sont actuellement plus nombreux que les décès en lien avec la chaleur en été (Martin et coll., 2012; Gasparrini et coll., 2015). De 1985 à 2012, 4,5 % des décès toutes causes confondues au Canada étaient attribués au froid, contre seulement 0,5 % de ces décès qui étaient attribués à la chaleur (Gasparrini et coll., 2015). Pour l'ensemble du Canada, les pourcentages passent à 6,2 % (pour le froid) et à 0,7 % (pour la chaleur) pour la période de 2010 à 2019 (Gasparrini et coll., 2017), en partie en raison du vieillissement de la population. Ceci a également été observé en Ontario, où, pendant l'été, chaque augmentation de 5 °C était associée à quatre décès quotidiens supplémentaires; pendant l'hiver, chaque diminution de 5 °C était associée à sept décès quotidiens supplémentaires (Chen et coll., 2016). L'effet du froid ou de la chaleur est souvent calculé en fonction des centiles de températures moyennes au cours d'une année (5<sup>e</sup> centile et moins ou 1<sup>er</sup> centile pour le froid; 95<sup>e</sup> centile et plus ou 99<sup>e</sup> centile pour la chaleur), ce qui permet d'estimer l'effet des températures extrêmes.

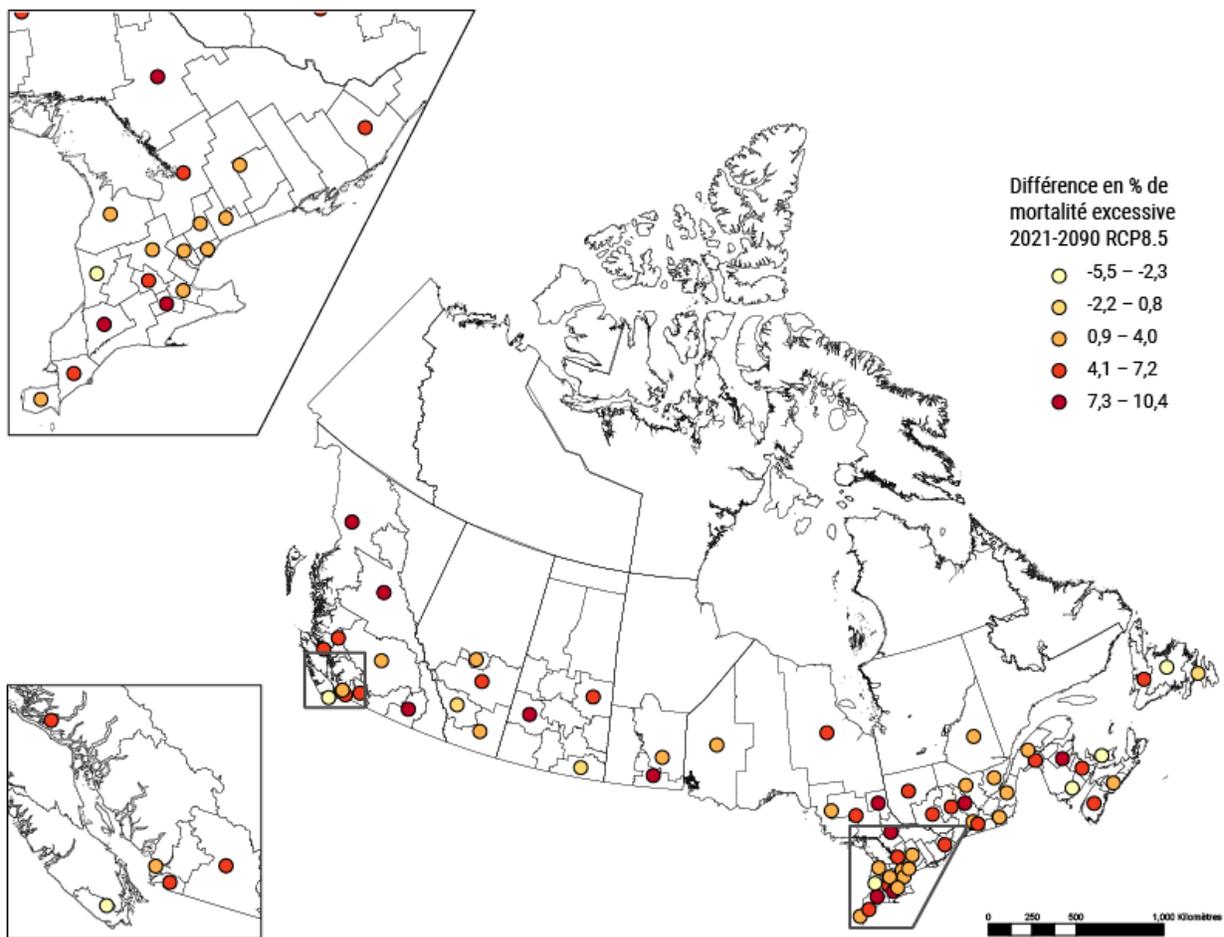
#### 3.6.3.1 Géographie

Contrairement à la chaleur qui touche davantage les villes à cause de la présence d'îlots de chaleur urbains, le froid semble avoir un impact plus considérable en milieu rural (Bayentin et coll., 2010; Conlon et coll., 2011). Les effets du froid sur la santé peuvent se faire ressentir pendant des semaines après un épisode de froid extrême; lors d'un événement de chaleur extrême, au contraire, les effets se font ressentir pendant une semaine seulement (Turner et coll., 2012b; Bunker et coll., 2016; Ryti et coll., 2016; Moghadamnia et coll., 2017; Sun et coll., 2018). Pour la chaleur et le froid, les variations de températures quotidiennes, hebdomadaires ou mensuelles coïncident avec l'augmentation de la mortalité et des effets sur la santé, surtout les effets cardiaques et respiratoires (Lim et coll., 2012; Cheng et coll., 2014; Vutcovici et coll., 2014; Vanasse et coll., 2016b).

#### 3.6.3.2 Projections de la mortalité d'ici 2100

Quelques études se sont penchées sur l'effet net projeté des changements climatiques au Canada sur la mortalité associée aux températures ambiantes. Ces études semblent indiquer que l'accroissement de la mortalité en lien avec la chaleur devrait surpasser la réduction de la mortalité en lien avec le froid dans la plupart, sinon l'ensemble des régions. Au Québec, une hausse nette de 3 % de la mortalité annuelle a été projetée pour 2080, comparativement à la période de 1981 à 1999 (Doyon et coll., 2006, Doyon et coll.,

2008). À l'inverse, une étude concernant 15 villes canadiennes a estimé qu'il n'y aurait une hausse nette de la mortalité que dans quatre d'entre elles : London, Hamilton, Régina et Montréal (Martin et coll., 2012). Ainsi, les impacts nets de la température sur la surmortalité semblent varier selon les régions géographiques. La surmortalité liée à la température entre 2090 et 2099 au Canada devrait augmenter par rapport à la période de 2010 à 2019, selon les scénarios de changement climatique RCP 4.5, RCP 6.0 et RCP 8.5 (Gasparrini et coll., 2017; Lavigne, 2020). La figure 3.4 montre la variation nette de la mortalité prévue dans l'ensemble du Canada selon le scénario RCP 8.5. Même si, dans les simulations, certaines régions présentent des améliorations de la mortalité, la grande majorité des régions sanitaires, qu'elles soient urbaines ou rurales, devraient subir un impact négatif net sur la santé (Gasparrini et coll., 2017; Lavigne, 2020). Dans ces deux études, le pourcentage de décès toutes causes confondues attribuables à la chaleur est inférieur au pourcentage de décès attribuables au froid, quel que soit le scénario utilisé.



**Figure 3.4** Tendances nettes de mortalité de 2090 à 2099 comparativement à la période de 2010 à 2019, selon le scénario RCP 8.5 (simulation dans l'ensemble des régions administratives de santé du Canada). La carte présente le résultat net des variations combinées de mortalité dues au froid et à la chaleur, principalement en lien avec les maladies cardiovasculaires (+2,34 % pour le pays) et respiratoires (+7,82 % pour le pays). Source : Lavigne, 2020.

## 3.6.4 Populations présentant des risques accrus face au froid

### 3.6.4.1 Âge, sexe et genre

Globalement, les aînés sont plus susceptibles de subir les effets du froid (Ryti et coll., 2016). Selon une méta-analyse, la mortalité cardiovasculaire et respiratoire chez les personnes âgées de 65 ans et plus s'accroît respectivement de 1,7 % et 2,9 % lorsque la température est inférieure de 1 °C par rapport à la température optimale (Bunker et coll., 2016). Cependant, certains résultats au Canada indiquent que les moins de 65 ans seraient plus à risque que les aînés. Une étude en Ontario a conclu que chaque diminution de 5 °C entre 1996 et 2010 avait accru de 8 % le risque de décéder d'une maladie cardiovasculaire chez les 65 ans et moins, et de 3 % chez les 65 ans et plus (Chen et coll., 2016). Peu d'études se sont penchées sur les effets du froid sur la santé des enfants (Xu et coll., 2012; Song et coll., 2017).

Une étude au Québec a corroboré ces résultats en estimant que les hommes de moins de 65 ans, particulièrement ceux âgés de 45 à 64 ans, affichaient un risque le plus élevé que les 65 ans et plus de subir une cardiopathie ischémique ou d'en mourir pendant les périodes de froid intense survenues de 1989 à 2006 (Bayentin et coll., 2010). Cela pourrait s'expliquer par le fait que les hommes passent généralement plus de temps à l'extérieur pour le travail ou le déneigement. Ils sont ainsi davantage exposés à des conditions météorologiques défavorables et à un effort cardiovasculaire accru (Ali et Willett, 2015; Auger et coll., 2017e). En Ontario, chaque réduction d'un degré en dessous de 0 °C entre 2004 et 2010 a mené à une augmentation médiane de 15 % du nombre moyen de visites à l'urgence en lien avec le travail à l'extérieur (engelures ou hypothermie) (Fortune et coll., 2014).

La grossesse et la période périnatale sont des moments critiques d'exposition aux impacts négatifs du froid sur la santé. Le froid accroît la probabilité de survenue d'effets indésirables à la naissance ou au cours de la grossesse tels que l'éclampsie, le faible poids à la naissance et la naissance prématurité (Strand et coll., 2011; Poursafa et coll., 2015).

### 3.6.4.2 Maladies chroniques

Certaines maladies préexistantes peuvent également rendre les gens plus sensibles aux effets du froid. Au Québec, une étude a indiqué que les régions où les taux de tabagisme sont plus élevés chez les 45 à 64 ans affichent un taux d'hospitalisation pour cardiopathie ischémique plus important pendant l'hiver (Bayentin et coll., 2010). Cette augmentation a également été observée chez les fumeurs et les buveurs d'alcool au Royaume-Uni (Sartini et coll., 2016). À Toronto, les personnes ayant des problèmes rénaux ou cardiaques préexistants affichaient une probabilité plus élevée d'admission à l'urgence pour des motifs cardiovasculaires lors de froids extrêmes, comparativement aux personnes n'ayant pas ce type de problème (Lavigne et coll., 2014). Ce constat a été formulé en Chine en ce qui concerne les personnes ayant des maladies respiratoires préexistantes (L. Wang et coll., 2016). L'impact de la morbidité préexistante sur la susceptibilité au froid dépend également de l'âge.

### 3.6.4.3 Défavorisation matérielle et sociale

Les impacts du froid sur les personnes ayant un faible statut socioéconomique n'ont pas fait l'objet d'études approfondies. Au Québec, les effets du froid sur les visites à l'urgence pour cardiopathies ischémiques sont plus importants dans les régions affichant un faible niveau socioéconomique (Bayentin et coll., 2010). Au Portugal, l'appartenance à un milieu socio-économique défavorisé a été associée à la mortalité hivernale, le risque relatif étant 1,75 fois plus élevé chez les personnes ayant un faible statut socioéconomique que chez celles ayant un statut socioéconomique élevé (Almendra et coll., 2017). Le coût du chauffage en hiver peut ainsi pousser les personnes à faible revenu, et même de la classe moyenne, à diminuer l'intensité du chauffage afin de subvenir à d'autres besoins (loyer, nourriture, etc.) et les forcer ainsi à habiter des logements froids (Liddell et Morris, 2010; Howden-Chapman et coll., 2012; Rezaei, 2017). Un logement froid accroît le risque d'exposition au froid extérieur et nuit au bien-être mental perçu et à la résilience émotionnelle des résidents (Marmot Review Team, 2011). Les enfants auraient un risque plus élevé de développer des problèmes respiratoires, mangeraient moins de calories et passeraient plus de temps à l'intérieur lorsque le logement est froid, ce qui met en péril leur développement physique et cognitif (Liddell et Morris, 2010; Marmot Review Team, 2011). L'insécurité énergétique au Canada s'établissait à 8 % en moyenne en 2015 avec des pointes dans les Maritimes et en Saskatchewan (Régie de l'Énergie du Canada, 2017). Ce taux est de trois à quatre fois plus élevé que dans les pays scandinaves, mais comparable à la moyenne européenne (Thomson et coll., 2017).

### 3.6.4.4 Personnes en situation d'itinérance

Les personnes en situation d'itinérance sont également très exposées au froid. Selon une étude menée à Paris, en France, les personnes en situation d'itinérance représentaient 62 % des personnes admises à l'urgence pour hypothermie ou engelures en hiver, de 2005 à 2009 (Rouquette et coll., 2011). De nombreux peuples autochtones vivent dans des logements inadéquats qui nécessitent des réparations légères ou importantes (Statistique Canada, 2020) et qui sont susceptibles de ne pas protéger leurs habitants contre le froid. Les Autochtones représentent de 10 % à 90 % des personnes en situation d'itinérance dans 18 villes canadiennes, de Halifax à Vancouver (Patrick, 2014). Ils sont donc touchés de façon disproportionnée par les effets du froid.

## 3.6.5 Mesures d'adaptation au froid

### 3.6.5.1 Système d'alerte de la population

Les systèmes d'alerte devraient prendre en compte le facteur éolien et la température ressentie dans l'établissement des seuils puisque ces variables sont associées aux effets cardiovasculaires du froid sur la santé (Lin et coll., 2018). Par contre, les seuils de froid sont difficiles à mettre en œuvre pour les systèmes d'alertes préventives puisque l'exactitude des prévisions relatives au vent et à l'humidité est limitée (Laaidi et coll., 2013). Néanmoins, des modèles de prévision existent. Au Québec, selon la région climatique et en

se fondant sur la période 1994-2015, les seuils sanitaires pour une prévision sur deux jours basée sur une surmortalité de 25 % ont été fixés entre  $-15\text{ °C}$  et  $-23\text{ °C}$  le jour et  $-20\text{ °C}$  et  $-29\text{ °C}$  la nuit (Yan et coll., 2020). De plus, les seuils fondés sur un excès d'hospitalisation de 7 % ont été définis comme se situant entre  $-13\text{ °C}$  et  $-23\text{ °C}$  le jour, et entre  $-17\text{ °C}$  et  $-30\text{ °C}$  la nuit. Les seuils utilisés devraient également tenir compte des caractéristiques climatiques et anthropiques des différentes régions. En Ontario, par exemple, le seuil de température en dessous duquel le nombre de visites à l'urgence augmente est plus bas dans le nord que dans le sud de la province (VanStone et coll., 2017). Les autorités de santé devraient aussi tenir compte du fait que les périodes de froid intense peuvent avoir un effet sur le volume de visites à l'urgence pendant au moins une semaine et devraient ajuster leurs capacités en conséquence (Ryti et coll., 2016; Lin et coll., 2018; Sun et coll., 2018). Au Canada, les écoles peuvent également fermer en cas de froid extrême afin d'assurer la sécurité des élèves.

### 3.6.5.2 Isolation des logements

Les mesures d'adaptation au froid les plus courantes sur le plan individuel sont le port de vêtements chauds et l'augmentation du temps passé à l'intérieur, mais les personnes dont les logements sont froids seront tout de même touchées en restant à l'intérieur. L'isolation du logement permet de diminuer les coûts d'énergie et de faciliter ainsi le maintien d'une température optimale à l'intérieur. Les personnes ayant profité d'un programme d'isolation du logement rapportent un état de santé générale et de bien-être mental supérieur après ces rénovations (Liddell et Morris, 2010; Howden-Chapman et coll., 2012). Par exemple, en Nouvelle-Zélande, les personnes âgées de 65 ans et plus ayant déjà été hospitalisées pour des motifs cardiovasculaires ou respiratoires présentaient un risque moins important de mortalité à la suite d'une amélioration de l'isolation de leur logement, comparativement au groupe contrôle (Preval et coll., 2017).

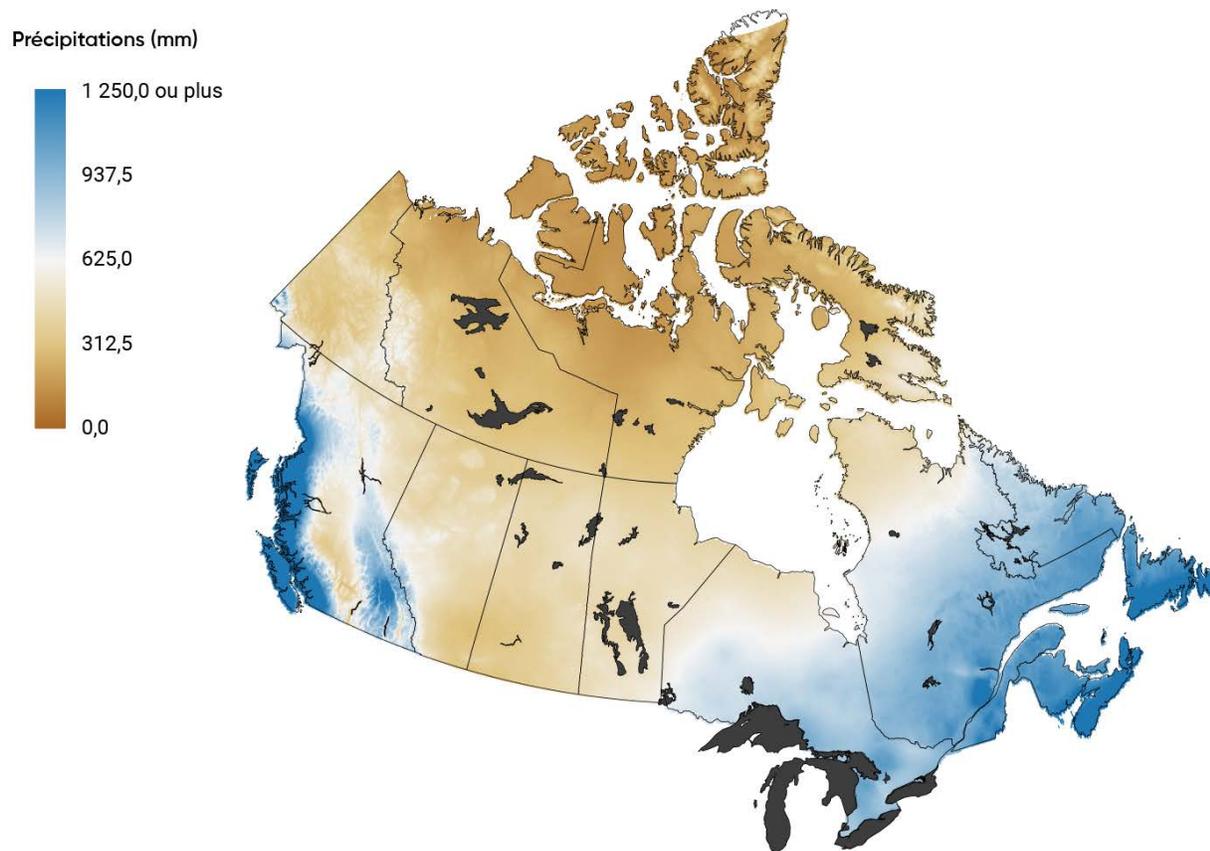
### 3.6.5.3 Santé et sécurité au travail

Le Centre canadien de santé et de sécurité au travail établit des seuils de températures acceptables pour le travail en fonction des variables météorologiques et du type de travail (Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, 2017). L'ensemble des provinces et des territoires ont adopté ces mesures comme limites légales ou lignes directrices en la matière. En outre, il existe plusieurs normes internationales relatives aux pratiques exemplaires d'évaluation et de prévention des risques par temps froid (ISO 11079, ISO 15743, etc.) (Holmer, 2009; Mäkinen et coll., 2009).

## 3.7 Sécheresse

### 3.7.1 Impacts des changements climatiques sur la sécheresse – tendances et projections

Les observations antérieures n'indiquent pas une tendance à la hausse de l'occurrence et de la sévérité des sécheresses au Canada (Bonsal et coll., 2019). Cependant, les changements climatiques sont susceptibles de modifier cette tendance. En dépit d'une augmentation continue des quantités annuelles de pluie (principalement en raison de l'augmentation de la pluie en dehors des mois d'été), les précipitations estivales devraient diminuer dans le sud du Canada à la fin du siècle, selon le scénario d'émissions élevées (Zhang et coll., 2019; voir également la section 3.9 Précipitations et tempêtes). Les précipitations seront donc réduites durant la saison où les plantes et l'agriculture en auront le plus besoin, particulièrement dans les provinces des Prairies (Prairie Climate Centre, 2019). La figure 3.5 montre les précipitations annuelles moyennes projetées pour le Canada de 2021 à 2050. De plus, le réchauffement des températures augmentera l'évaporation de l'eau. Ainsi, l'impact des changements climatiques sur les sécheresses au Canada dépendra de l'effet net des changements sur la fréquence, la durée et l'intensité de ces facteurs contradictoires; le tout demeure donc difficile à estimer (Bonsal et coll., 2019). Malgré tout, le sud des Prairies et les régions intérieures de la Colombie-Britannique devraient subir une augmentation du nombre de sécheresses et de pénuries d'eau pendant l'été jusqu'à la fin du siècle en cours (Bonsal et coll., 2019). Une projection similaire a été faite pour le sud du Québec, où le nombre maximal de jours consécutifs sans précipitations devrait augmenter l'été et où le nombre annuel d'épisodes d'humidité inhabituelle devrait augmenter (Ouranos, 2015). Les milieux dépendant de la fonte des neiges ou des glaces pour leur approvisionnement en eau pendant les saisons sèches sont également plus à risque de subir un accroissement du nombre et de l'intensité des sécheresses à cause de la diminution généralisée du couvert de neige et glace (y compris la perte de glaciers), et de la variation de la saisonnalité du débit des cours d'eau en raison de l'augmentation des débits hivernaux, de la fonte des neiges plus précoce et de la réduction du débit des cours d'eau en été (Bonsal et coll., 2019) (voir le chapitre 7 : Qualité, quantité et sécurité de l'eau).



**Figure 3.5** Moyenne projetée de précipitations totales annuelles pour 2021 à 2050, selon un scénario d'émissions élevées (RCP 8.5). Les zones bleues correspondent aux régions où les précipitations seront importantes, tandis que les zones brunes correspondent aux régions où les précipitations seront très faibles, augmentant ainsi le risque de sécheresse. Source : Prairie Climate Centre, 2019.

## 3.7.2 Effets de la sécheresse sur la santé

### 3.7.2.1 Impacts sanitaires indirects de la diminution de la qualité de l'air

La sécheresse augmente la quantité de poussière ( $PM_{2,5}$ <sup>5</sup> et  $PM_{10}$ ) dans l'air, les particules étant plus mobiles sans le poids de l'humidité (voir le chapitre 5 : Qualité de l'air). Aux États-Unis, on prévoit que les concentrations globales de  $PM_{2,5}$  augmenteront de 16 % en 2100 comparativement à 2000, par la simple hausse du nombre de sécheresses (Wang et coll., 2017). Étant donné que les matières particulaires augmentent le risque de mortalité associée aux maladies respiratoires et cardiovasculaires (Kim et coll.,

5 Les  $PM_{2,5}$  sont des matières particulaires (MP) d'un diamètre médian ne dépassant pas 2,5 microns. Les  $PM_{2,5}$  peuvent pénétrer profondément dans les poumons humains.

2015), l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses pourrait accroître la mortalité globale. Par exemple, il a été estimé que l'augmentation des concentrations de poussières fines dans l'air dans le sud-ouest des États-Unis pourrait augmenter la mortalité de 24 % à 130 % de 2076 à 2095, comparativement à la période allant de 1996 à 2015 (Achakulwisut et coll., 2018). Cette tendance a été observée aux États-Unis, où les périodes d'aggravation des conditions de sécheresses ont accru le taux de mortalité de 1,55 % entre 2000 et 2013, comparativement aux autres périodes (Berman et coll., 2017). Les sécheresses ont également une incidence indirecte sur les concentrations de polluants atmosphériques puisqu'elles font augmenter le nombre de feux de forêt (voir le chapitre 5 : Qualité de l'air).

### 3.7.2.2 Maladies infectieuses

Les vents conjugués au temps sec peuvent également faciliter le transport de pollens, de moisissures, de champignons, de bactéries et d'autres matières organiques (Stanke et coll., 2013). Les sécheresses peuvent causer et exacerber des symptômes allergiques et respiratoires et favoriser la propagation de maladies infectieuses. Parmi les maladies respiratoires reliées, on retrouve la bronchite, la sinusite, la pneumonie et l'asthme (Yusa et coll., 2015; Doede et Davis, 2018). Certaines observations mettent en évidence une augmentation des cas de maladies à transmission vectorielle telles que le virus du Nil occidental et les encéphalites lors de sécheresses, bien qu'une diminution soit observée pour d'autres maladies, comme la maladie de Lyme (Yusa et coll., 2015) (voir le chapitre 6 : Maladies infectieuses).

### 3.7.2.3 Maladies d'origine hydrique

Les sécheresses peuvent augmenter les concentrations d'agents pathogènes dans l'eau et faciliter le transport des matières organiques vers les plans d'eau pendant les précipitations subséquentes (Funari et coll., 2012; Cann et coll., 2013). Elles peuvent donc accroître le risque de propagation de maladies d'origine hydrique par les eaux de surface, quoique peu d'études aient évalué les effets des sécheresses à cet égard (Levy et coll., 2016) (voir le chapitre 7 : Qualité, quantité et sécurité de l'eau). Dans certaines municipalités rurales du Québec, le risque de contracter des maladies gastro-intestinales était au moins deux fois plus élevé au cours des quatre semaines suivant des épisodes de très faibles précipitations (Febriani et coll., 2010). Dans le grand Vancouver, le nombre de cas de *Cryptosporidium* et de *Giardia* augmentait de façon significative jusqu'à six semaines après une journée de pluie abondante survenant après un épisode de sécheresse intense (Chhetri et coll., 2017).

### 3.7.2.4 Sécurité alimentaire

Les sécheresses affaiblissent les cultures en les prédisposant à la contamination par les mycotoxines (toxines produites par certaines moisissures) et en les rendant vulnérables aux attaques d'insectes (van der Kamp, 2016; Medina et coll., 2017). La diminution des rendements agricoles peut faire augmenter les prix à la consommation et nuire aux personnes en situation d'insécurité alimentaire en raison des disparités sociales (voir le chapitre 8 : Salubrité et sécurité des aliments).

Des régions telles que le sud des Prairies et l'Île-du-Prince-Édouard, dont l'économie et l'identité reposent en grande partie sur le secteur de l'agriculture, sont davantage vulnérables aux sécheresses. On estime, par exemple, que les sécheresses de 1980 et de 2001-2002 ont coûté chacune 5,8 milliards aux Canadiens et aux Canadiennes, et ce, sans compter les coûts sanitaires (Wheaton et coll., 2008; Diaz et coll., 2016). Les sécheresses réduisent la productivité agricole, accroissent l'endettement personnel des agriculteurs, dévaluent les terres et diminuent les occasions d'emploi en milieu rural (Guiney, 2012). En réduisant la viabilité économique des milieux ruraux, les sécheresses peuvent provoquer un exode rural et entretenir un cercle vicieux de vulnérabilité (Vins et coll., 2015). Cette perte de viabilité en milieu rural peut, au bout du compte, nuire à la santé mentale et sociale des populations qui y vivent.

### 3.7.3 Populations présentant des risques accrus face à la sécheresse

#### 3.7.3.1 Vie en milieu rural

Les populations rurales risquent davantage de subir les impacts des sécheresses comparativement aux populations urbaines, parce que leur prospérité économique repose généralement davantage sur les activités agricoles et parce que la proximité des environnements naturels signifie que la détérioration de l'environnement les touche plus directement. Le stress financier, social et émotionnel ainsi causé peut avoir des conséquences négatives sur le bien-être psychologique et social des populations rurales. Ces effets sont toutefois peu étudiés dans un contexte canadien; la plupart des études sur le sujet ont été effectuées en Australie et peuvent ainsi ne pas être représentatives de la situation canadienne (voir le chapitre 4 : Santé mentale et bien-être).

#### 3.7.3.2 Santé psychosociale

Les agriculteurs australiens déclarant que les sécheresses ont réduit considérablement leur productivité agricole présentent davantage de problèmes de santé mentale et un niveau réduit de bien-être psychologique comparativement aux agriculteurs qui n'ont pas été touchés (Edwards et coll., 2015). Les enfants et adolescents en milieu rural touchés par les sécheresses en Australie déclarent des niveaux de détresse émotionnelle et relationnelle plus élevés que la normale (Dean et Stain, 2010; Carnie et coll., 2011).

La durée et l'intensité de la sécheresse sont déterminantes dans l'impact qu'elle peut avoir sur la détresse psychologique des populations touchées. Toujours en Australie, une sécheresse de plus d'un an a fait augmenter de 6 % l'incidence de détresse psychologique parmi les habitants en milieu rural (O'Brien et coll., 2014). Dans les cas extrêmes, ces sécheresses pourraient également accroître le taux de suicide dans certains sous-groupes de la population (Gunn et coll., 2012; Hanigan et coll., 2012). Par exemple, les hommes de 10 à 49 ans en milieu rural avaient un risque de suicide plus élevé lors de sécheresses intenses (jusqu'à 15 %) (Hanigan et coll., 2012). Par contre, les données disponibles sont plutôt contradictoires pour les femmes et les personnes plus âgées qui, dans certains cas, ont plutôt affiché un risque moins élevé de souffrir de problèmes psychologiques ou de se suicider (Hanigan et coll., 2012; Powers et coll., 2015; Crnek-Georgeson et coll., 2017). Pour les populations urbaines, les risques pour la santé mentale ne semblent pas

modifiés par les sécheresses, quelle qu'en soit la durée ou l'intensité (Gunn et coll., 2012; Hanigan et coll., 2012; O'Brien et coll., 2014).

### 3.7.3.3 Insécurité alimentaire et malnutrition

L'insécurité financière et le stress causés par la sécheresse peuvent également avoir un impact négatif sur la qualité de l'alimentation, comme l'ont montré des études effectuées en Australie (voir aussi le chapitre 8 : Salubrité et sécurité des aliments). Les populations rurales qui ont fait face à une sécheresse particulièrement longue et intense entre 2001 et 2008 ont mangé davantage d'aliments riches en sucre et en gras comparativement aux personnes qui n'ont pas été touchées ou pour lesquelles la sécheresse fut de plus courte durée (Friel et coll., 2014). Les enfants sont particulièrement à risque puisque la qualité de l'alimentation est déterminante dans leur développement physiologique et cognitif (Martinez Garcia et Sheehan, 2016). Outre le secteur agricole, la viabilité économique de l'industrie forestière et de ses travailleurs peut également être compromise par les sécheresses puisqu'elles attisent les feux de forêt (Bonsal et coll., 2011).

### 3.7.3.4 Âge, sexe et genre

Les personnes vulnérables aux effets des sécheresses le sont également en raison des augmentations des concentrations de polluants dans l'air et dans l'eau. Chez les enfants, les sécheresses peuvent augmenter le risque de développer et d'aggraver des problèmes respiratoires. En Californie, le nombre de visites à l'urgence pour des problèmes d'asthme infantile a doublé au cours des années de sécheresses intenses de 2012 à 2016 comparativement aux années précédentes, les enfants à proximité des terres agricoles étant plus à risque (Doede et Davis, 2018). Les aînés, les personnes atteintes de maladies chroniques, les fœtus pendant la grossesse, les personnes à faible revenu et les personnes qui travaillent à l'extérieur sont également plus exposés ou plus sensibles aux polluants atmosphériques, qui peuvent être amplifiés pendant les sécheresses (voir le chapitre 5 : Qualité de l'air). De plus, les enfants, les personnes âgées et les personnes immunodéprimées sont plus à risque de contracter des maladies d'origine hydrique (Funari et coll., 2012; Cann et coll., 2013).

## 3.7.4 Mesures d'adaptation à la sécheresse

### 3.7.4.1 Sensibilisation aux impacts psychosociaux

Les populations rurales sont plus réticentes à aller chercher de l'aide lorsqu'elles en ont besoin (Berry et coll., 2011; Gunn et coll., 2012). Plus précisément, la stigmatisation associée aux problèmes de santé mentale diminue la probabilité de consulter pour ce type de problèmes. La sensibilisation de la population à l'égard de la santé mentale, l'organisation d'événements sociaux en temps de sécheresse, la mise en place d'une ligne téléphonique de soutien, ainsi que la création de programmes d'intervention psychosociale peuvent favoriser l'acceptabilité sociale des problèmes de santé mentale et la consultation en cas de besoin (Hart et coll., 2011).

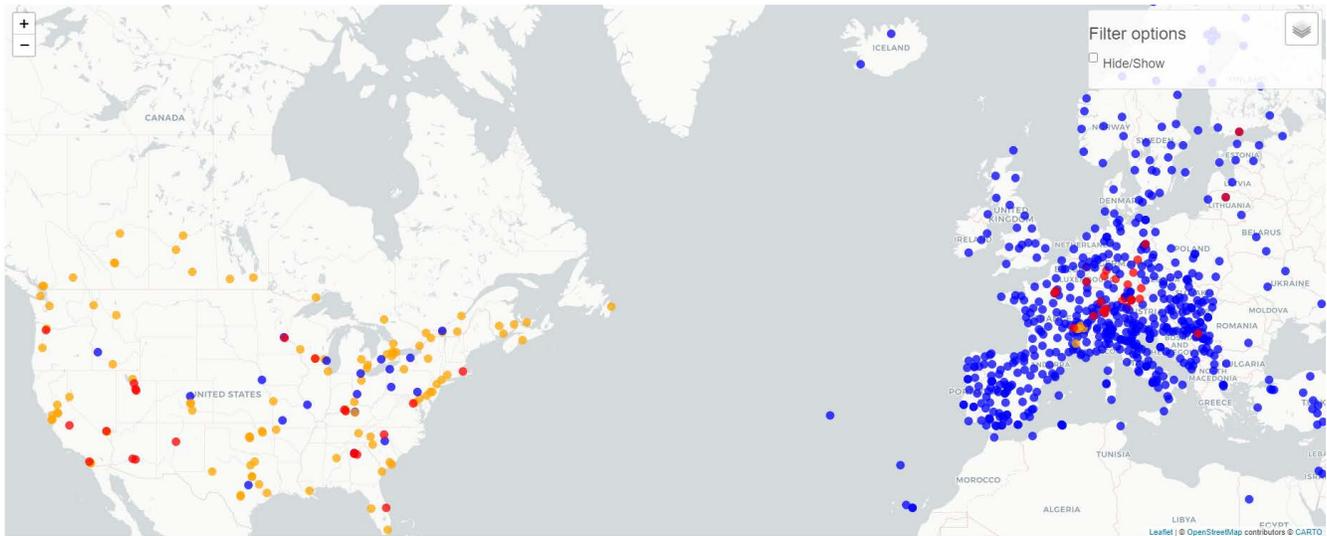
### 3.7.4.2 Programmes de soutien financier et systèmes de surveillance et d'alerte

Plusieurs collectivités rurales canadiennes ont mis en œuvre des mesures d'adaptation à la sécheresse. Des provinces telles que la Saskatchewan et l'Alberta ont mis en place des systèmes de surveillance des sécheresses, des plans d'urgence en cas de périodes sèches prolongées et des programmes d'amélioration des infrastructures de gestion environnementale (irrigation, réservoir, etc.) (Hurlbert et Gupta, 2016). Un outil de surveillance et de signalement des sécheresses est également disponible à l'échelle canadienne (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2021). Il existe d'autres options pour diminuer la vulnérabilité des récoltes et des personnes travaillant dans le domaine agricole : agriculture nécessitant peu de main-d'œuvre, diversification et rotation des cultures, ou encore utilisation d'espèces plus résistantes aux conditions sèches. Ces mesures ont été utilisées pendant les sécheresses qui sont survenues dans les Prairies en 2001 et en 2003, où elles ont permis de diminuer les pertes (Abbasi, 2014; Diaz et coll., 2016). Néanmoins, les infrastructures et les stratégies sont souvent implantées en tenant compte de données climatiques antérieures et ne sont donc pas adaptées à l'accroissement de la fréquence et de l'intensité des sécheresses (Mcmartin et coll., 2018). En Californie, il a été évalué qu'une politique de gestion de l'eau utilisant les données antérieures ne permettrait pas de satisfaire la demande en eau lors des futurs épisodes de sécheresses. Elle sous-estimerait jusqu'à 58 % les besoins d'approvisionnement en eau en comparaison à une politique adaptative qui tiendrait compte des conditions climatiques futures (Georgakakos et coll., 2012). Vodden et Cunsolo (2021) cernent des options d'adaptation pour mieux se préparer aux futurs impacts de la sécheresse et réduire le stress financier qu'ils causent. Ces options comprennent le stockage de l'eau en hiver pour alimenter l'irrigation estivale, l'atlas agroclimatique pour soutenir le développement de variétés végétales adaptées à la sécheresse et l'amélioration des infrastructures telles que les barrages ou les tuyaux de prise d'eau (Warren et Lulham, 2021).

### 3.7.4.3 Surveillance des impacts indirects de la sécheresse sur la qualité de l'air et de l'eau

La surveillance de la qualité de l'air et des maladies d'origine hydrique susceptibles d'être touchées par les sécheresses facilite la mise en œuvre d'interventions préventives ou réactives pour protéger la santé. Par exemple, la Cote air santé (CAS) d'Environnement et Changement climatique Canada informe le public en temps semi-réel sur les risques immédiats associés à la qualité de l'air dans une soixantaine de communautés à travers dix provinces canadiennes (Environnement et Changement climatique Canada, 2019a). La CAS fournit de l'information sur le moment où certains seuils sont dépassés, y compris sur les mesures d'adaptation pour le grand public et certains sous-groupes de populations vulnérables (Environnement et Changement climatique Canada, 2019a) (voir le chapitre 5 : Qualité de l'air). Des cartes de qualité de l'air sont aussi disponibles en temps quasi réel pour toute l'Amérique du Nord par analyse automatisée d'images satellitaires (AirNow, 2021). La surveillance des pollens demeure cependant très déficiente dans plusieurs régions canadiennes comparativement à l'Europe ou aux États-Unis, comme le démontre la figure 3.6 (Buters et coll., 2018). L'amélioration des installations de traitement de l'eau pourrait également réduire l'incidence des maladies d'origine hydrique en cas de sécheresse (voir le chapitre 7 : Qualité, quantité et sécurité de l'eau). D'autres stratégies visant à limiter volontairement ou obligatoirement la

consommation d'eau pendant les périodes de sécheresse peuvent également permettre de mieux répartir les ressources hydriques et de limiter les pertes agricoles (Yusa et coll., 2015).



**Figure 3.6** Carte mondiale des stations de surveillance des pollens et des spores fongiques. Les stations sont désignées par des points bleus (station d'échantillonnage de type Hirst), rouges (station d'échantillonnage automatique) ou oranges (autre station de type manuelle). Source : Buters et coll., 2018 et <[https://oteros.shinyapps.io/pollen\\_map/](https://oteros.shinyapps.io/pollen_map/)>.

## 3.8 Feux de forêt

### 3.8.1 Impacts des changements climatiques sur les feux de forêt – tendances et projections

La superficie forestière touchée par des feux a doublé au Canada entre 1970 et le début des années 2000, une hausse essentiellement attribuable aux changements climatiques (Gillett et coll., 2004). Une étude a estimé que le risque de feu pour la période de 2010 à 2020 dans l'Ouest canadien augmenterait plus qu'il ne l'aurait fait sans l'influence anthropique des changements climatiques (Kirchmeier-Young et coll., 2017). L'Ouest canadien a connu une augmentation importante du nombre de feux majeurs et de la superficie brûlée entre 1959 et 2015 (Hanes et coll., 2019). Les changements climatiques auraient multiplié par 7 à 11 la superficie brûlée au cours des saisons de feu extrêmes de 2017 en Colombie-Britannique (Kirchmeier-Young et coll., 2019). Cette tendance devrait se poursuivre et s'amplifier avec les changements climatiques

dans toutes les régions du Canada d'ici la fin du siècle (Flannigan et coll., 2005; Flannigan et coll., 2009). Le nombre de jours de feux de forêt incontrôlés pourrait doubler, voire tripler, d'ici 2100 en Colombie-Britannique et dans la forêt boréale (Wotton et coll., 2017).

Trois raisons expliquent ces augmentations. Premièrement, le réchauffement des températures allonge la saison propice aux feux de forêt. Par exemple, l'intérieur de la Colombie-Britannique, l'Alberta et le nord de l'Ontario ont observé un allongement de leur saison des feux (Albert-Green et coll., 2013; Hanes et coll., 2019). Deuxièmement, les conditions plus chaudes augmentent les foudroiements, attribuables à l'augmentation des orages dans un environnement plus chaud et plus humide, ce qui augmente le risque de feu (Romps et coll., 2014). Troisièmement, les températures plus chaudes, combinées à la neige de printemps précoce et aux températures extrêmes plus élevées au printemps et en été, assèchent les combustibles forestiers à moins d'une augmentation significative des précipitations (Flannigan et coll., 2016). De plus, la combustion des forêts libère des GES responsables des changements climatiques, créant ainsi un cercle vicieux (Prairie Climate Centre, 2019). La majorité des scénarios de changements climatiques au Canada ne prévoient pas d'augmentation des précipitations qui compenserait l'effet d'assèchement causé par le réchauffement des températures. Enfin, les climatologues n'incluent pas toujours les facteurs comportementaux dans leurs projections, bien que les humains soient responsables d'environ 50 % des feux de brousse ou de forêt (Van Wagner, 2015). La proximité accrue des forêts avec les endroits où vivent les gens en raison de l'expansion des zones urbaines et des routes peut également contribuer à une augmentation des feux de forêt, en particulier dans le sud du pays.

Les émissions de polluants atmosphériques provenant des feux de forêt sont préoccupantes pour la santé. Quatre facteurs influencent la quantité d'émissions polluantes issues des feux de forêt : la superficie incendiée, la quantité de combustible brûlé, le degré de complétude de la combustion et la quantité de polluants émise par rapport à la quantité de combustible brûlé (facteur d'émission). On prévoit que la quantité de combustible brûlé et la superficie incendiée augmenteront dans l'ensemble des forêts canadiennes d'ici 2100 à cause des changements climatiques (Wotton et coll., 2017). En définitive, les émissions de feux de forêt pourraient doubler d'ici la fin du siècle à travers le Canada.

### 3.8.2 Effets des feux de forêt sur la santé

Les risques sanitaires associés à la pollution atmosphérique générée par les feux de forêt sont traités plus en détail au chapitre 5 : Qualité de l'air, ainsi que dans un examen des populations à risque accru et des mesures d'adaptation. Un résumé des renseignements pertinents pour ce chapitre est fourni ci-dessous.

#### 3.8.2.1 Caractérisation de la fumée des feux de forêt

Le fardeau sanitaire associé aux feux de forêt est principalement lié aux émissions de polluants atmosphériques tels que les matières particulaires ( $PM_{2,5}$ ), le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote et les composés organiques volatils (Black et coll., 2017). La composition de la fumée de feux de forêt est hautement variable et dépendra du type de végétation et des conditions météorologiques. La fumée des feux de forêt peut se propager sur de longues distances et toucher ainsi des populations à plusieurs milliers de

kilomètres du lieu de combustion (Le et coll., 2014; Lutsch et coll., 2016). Les effets néfastes de la fumée des feux de forêt sur la santé humaine (comme le fait de causer de l'inflammation et du stress oxydatif ainsi que de supprimer les réponses immunitaires) sont probablement dus à des mécanismes similaires à ceux des particules fines ambiantes (Reid et coll., 2016; Black et coll., 2017; Cascio, 2018).

### 3.8.2.2 Fumée des feux de forêt et mortalité

Des études ont démontré un lien entre la mortalité toutes causes confondues et l'exposition à la fumée des feux de forêt (Youssof et coll., 2014; Reid et coll., 2016; Cascio, 2018). À l'aide de son Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air, Santé Canada a estimé que 54 à 240 décès prématurés dus à l'exposition à court terme et 570 à 2 500 décès prématurés dus à l'exposition à long terme pourraient être attribués chaque année aux émissions de matières particulaires provenant des feux de forêt entre 2013 et 2018, à l'exclusion de 2016 (Matz et coll., 2020). Bien que les résultats varient selon l'année, l'emplacement et l'intensité des feux, la majorité des décès prématurés étaient associés à la Colombie-Britannique et à l'Alberta, suivies de la Saskatchewan, du Manitoba et des Territoires du Nord-Ouest. Pour la zone continentale des États-Unis, on estime que de 1 500 à 2 000 et de 8 700 à 32 000 décès prématurés par année ont été attribués à une exposition à court et à long terme aux  $PM_{2,5}$  provenant des feux de forêt, respectivement, de 2008 à 2012 (Fann et coll., 2018).

En prenant en compte les scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5 et en établissant une comparaison avec le début du XXI<sup>e</sup> siècle, on a estimé que la mortalité prématurée due aux  $PM_{2,5}$  provenant des feux de forêt doublerait pour la zone continentale des États-Unis d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, et ce, bien que l'on prévoie une diminution de la mortalité prématurée totale attribuable à l'ensemble des  $PM_{2,5}$  (émissions anthropiques) (Ford et coll., 2018).

### 3.8.2.3 Fumée des feux de forêt et maladies respiratoires et cardiovasculaires

L'exposition à la fumée des feux de forêt a aggravé les maladies respiratoires, particulièrement l'asthme, les maladies pulmonaires obstructives chroniques, la bronchite et la pneumonie (Henderson et Johnston, 2012; Cascio, 2018). En revanche, il n'est pas possible d'établir un lien entre l'exposition à la fumée des feux de forêt et les maladies cardiovasculaires, car certaines études démontrent un lien tandis que d'autres font état d'effets nuls (Reid et coll., 2016; Cascio, 2018).

Au Canada, les études sanitaires concernant les feux de forêt ont été réalisées essentiellement en Colombie-Britannique. Pour la saison des feux de 2003, une étude a estimé que chaque augmentation de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  des concentrations de  $PM_{10}$  faisait augmenter de 5 % la probabilité de consulter un médecin pour des problèmes respiratoires (plus précisément de 16 % pour l'asthme) et faisait augmenter de 15 % la probabilité d'être hospitalisé pour des problèmes respiratoires (Henderson et coll., 2011). Cette étude n'a pas établi de lien avec les visites chez le médecin ou les hospitalisations pour des problèmes cardiovasculaires. Une autre étude a également révélé que la majorité des jours où la concentration de  $PM_{2,5}$  dans l'air dépassait  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pendant la saison des feux de 2014 étaient associés à des hausses plus fortes que prévu des visites chez le médecin pour de l'asthme et des ordonnances de salbutamol (médicament soulageant les symptômes de l'asthme)

(McLean et coll., 2015). Dans les Territoires du Nord-Ouest, les visites pour des soins primaires en lien avec l'asthme, la toux, la pneumonie et la prescription de salbutamol se sont accrues en 2014, lors d'une grave saison des feux, comparativement à 2013 et à 2012 (Dodd et coll., 2018a).

### 3.8.2.4 Exposition directe aux feux de forêt et santé psychosociale

Les effets des feux de forêt sur la santé psychosociale, découlant entre autres de la perte de biens, des évacuations et de la dénaturation du milieu, ont également été examinés. Six mois après les feux de Fort McMurray en 2016, 20 % des habitants interrogés répondaient aux critères de trouble d'anxiété généralisé (Agyapong et coll., 2018). Les personnes présentant certains facteurs de risque (souffrir d'un trouble anxieux préexistant, être témoin de la destruction de son logement, habiter dans un autre logement après la survenue des feux, disposer d'un soutien familial ou gouvernemental limité ainsi que consulter un psychologue) avaient deux à sept fois plus de chances de répondre aux critères de la maladie. Cette incidence de troubles dépressifs et anxieux croît avec la durée de l'évacuation et le degré des pertes financières (Cherry et Haynes, 2017). Dans les Territoires du Nord-Ouest, les feux de forêt de 2012 et de 2013 auraient contribué à aggraver les sentiments de solitude, de peur, de stress et d'incertitude au sein de la population, y compris parmi les populations des Premières Nations, des Inuits et des Métis (Dodd et coll., 2018a; Dodd et coll., 2018b). Les épisodes prolongés de fumée liés à ces feux de forêt auraient augmenté le temps passé à l'intérieur et causé des problèmes respiratoires (Dodd et coll., 2018b). Certaines études en Australie et en Grèce démontrent également que les personnes qui ont subi des pertes ou des problèmes de santé ou qui ont été évacuées à cause de feux de forêt sont plus susceptibles d'éprouver des troubles du sommeil, de l'anxiété et de l'hostilité ainsi que d'avoir des symptômes dépressifs et post-traumatiques (Finlay et coll., 2012; Psarros et coll., 2017; Thompson et coll., 2017). La fumée des feux de forêt à elle seule n'a pas été associée aux hospitalisations et aux consultations pour des troubles de maladie mentale (Reid et coll., 2016). Les résultats mitigés quant à la relation entre l'exposition à la fumée des feux de forêt et la santé cardiovasculaire pourraient s'expliquer par le niveau des impacts psychosociaux ressentis lors d'un événement; l'effet combiné de l'inhalation de polluants atmosphériques et du stress psychologique peut favoriser des effets cardiovasculaires indésirables (Reid et coll., 2016).

### 3.8.2.5 Maladies d'origine hydrique

Les feux de forêt peuvent également faire augmenter les niveaux de matières organiques, de sédiments et de métaux lourds dans l'eau tels que l'azote, le phosphore, l'arsenic, le mercure et le manganèse (Smith et coll., 2011; Khan et coll., 2015). Les feux de forêt suivis de précipitations abondantes sont particulièrement propices à la détérioration de la qualité de l'eau (voir le chapitre 7 : Qualité, quantité et sécurité de l'eau). Ces augmentations peuvent s'avérer nocives pour les personnes puisant leur eau de sources non filtrées et peuvent être problématiques pour les usines de filtration lors de feux de forêt intenses. De plus, les feux de forêt peuvent fragiliser les milieux côtiers, les rendant vulnérables à l'érosion et aux inondations, ce qui peut également se répercuter sur la qualité de l'eau.

### 3.8.3 Populations présentant des risques accrus face aux feux de forêt

Bien que les effets de la fumée des feux de forêt soient considérables, il existe d'autres facteurs importants pour la santé qui peuvent aggraver les impacts globaux des feux.

#### 3.8.3.1 Morbidité préexistante

Peu d'études ont été menées au sujet des populations présentant un risque accru à d'exposition à la fumée des feux de forêt (Reid et coll., 2016). Les populations à risque sont souvent déduites à partir d'études sur les effets sanitaires des polluants atmosphériques de toute provenance (Rappold et coll., 2017; Cascio, 2018) (voir le chapitre 5 : Qualité de l'air). Plusieurs études ont néanmoins indiqué que les personnes souffrant d'asthme, de maladies obstructives respiratoires chroniques ou d'infections pulmonaires sont plus susceptibles de subir les effets nocifs de la fumée (Henderson et Johnston, 2012; Reid et coll., 2016).

#### 3.8.3.2 Aînés

Les aînés semblent plus vulnérables aux impacts sanitaires de la fumée des feux de forêt (Liu et coll., 2017) et plusieurs études, à la fois dans les modèles humains et animaux, indiquent que le stress oxydatif et l'inflammation systémique découlant de l'exposition aux particules de biomasse pourraient être en cause (Youssef et coll., 2014). Dans le nord-est des États-Unis, on a calculé une hausse de 49,6 % et de 64,9 % des taux d'hospitalisations pour, respectivement, des problèmes respiratoires et cardiovasculaires chez les personnes âgées de 65 ans et plus lors des épisodes de fumée comparativement à la période précédant ces épisodes (Le et coll., 2014). Dans l'ouest des États-Unis, les changements climatiques pourraient entraîner une modeste hausse de 178 hospitalisations pour des problèmes respiratoires chez les personnes âgées de 65 ans et plus pour la période de 2046 à 2051 (Liu et coll., 2016b).

#### 3.8.3.3 Enfants

Lors des feux de forêt de 2011 près de Slave Lake en Alberta, les enfants touchés présentaient des symptômes de stress post-traumatique six mois après l'événement, mais ces symptômes ont disparu après un an (Townshend et coll., 2015). Les jeunes enfants présentant plusieurs facteurs de stress (décès d'un proche, maladie, problèmes scolaires, etc.) ou dont le logement a été détruit dans un feu de forêt affichaient un risque plus important de ressentir des symptômes et de ne pas s'en rétablir (Felix et coll., 2015; Townshend et coll., 2015). Lors des feux de forêt survenus à Fort McMurray en 2016, les élèves de la 7<sup>e</sup> à la 12<sup>e</sup> année exposés aux feux de forêt présentaient une prévalence plus élevée de symptômes dépressifs, d'idées suicidaires et de tabagisme que les élèves du même âge habitant à Red Deer, une ville albertaine non touchée par ces événements (Brown et coll., 2019). Les enfants affichaient également des scores moins élevés d'estime de soi et de qualité de vie.

### 3.8.3.4 Iniquités sociales

Aux États-Unis, les personnes noires, les personnes avec un revenu inférieur à la médiane et les femmes affichaient un risque plus élevé d'être admises à l'urgence pour des problèmes respiratoires lors de jours de fumée (Liu et coll., 2017). Lors d'un feu de forêt en 2008 en Caroline du Nord, les comtés ruraux avec un niveau d'éducation, d'emploi, de revenu et de capital social plus bas affichaient un risque plus élevé de visites à l'urgence pour des problèmes d'asthme et d'insuffisance cardiaque comparativement aux comtés plus favorisés dans ces domaines (Rappold et coll., 2012). Le revenu et les inégalités de revenu étaient les deux facteurs explicatifs démontrant les associations les plus fortes. Les femmes semblent être plus susceptibles que les hommes de souffrir de dépression à la suite d'une évacuation en raison d'un feu de forêt ou d'une perte d'emploi connexe (Cherry et Haynes, 2017).

### 3.8.3.5 Populations autochtones

En plus des impacts sur les maladies respiratoires et cardiovasculaires, les feux de forêt peuvent également perturber les activités traditionnelles et de subsistance dans les collectivités des Premières Nations, des Inuits et des Métis du nord, ce qui a des impacts psychologiques comme le stress, l'anxiété et la dépression (Cunsolo Willox et coll., 2015; Manning et Clayton, 2018). La fumée persistante des feux de forêt de l'été 2014 a eu une incidence disproportionnée sur la santé physique et psychosociale des personnes vivant dans les collectivités des Premières Nations des Territoires du Nord-Ouest (Dodd et coll., 2018a; Dodd et coll., 2018b).

### 3.8.3.6 Sécurité des pompiers luttant contre les feux de végétation

Les pompiers qui luttent contre les feux de végétation ou les feux de forêt sont plus à risque de subir les effets sanitaires des feux. Ils sont plus susceptibles de connaître une diminution de la capacité pulmonaire ainsi qu'une augmentation du stress oxydatif et des symptômes respiratoires, bien qu'il existe peu de preuves indiquant que la mortalité et la morbidité connexes sont plus élevées à long terme (Adetona et coll., 2016; Black et coll., 2017). Une étude menée en Grèce a également indiqué que ces travailleurs éprouvaient des symptômes post-traumatiques dans une plus grande proportion, particulièrement les travailleurs saisonniers, ou encore lorsqu'ils craignaient de mourir lors d'un feu, qu'ils affichaient des symptômes de dépression ou qu'ils présentaient des traits névrotiques (Psarros et coll., 2018).

## 3.8.4 Mesures d'adaptation aux feux de forêt

### 3.8.4.1 Mesures d'adaptation individuelles

Pour assurer l'apport d'air pur dans les abris et les maisons, les filtres à haut rendement peuvent réduire substantiellement les quantités de matières particulaires dans l'air, ce qui pourrait atténuer les effets sur la santé respiratoire et cardiovasculaire, en fonction des sources de pollution dans l'édifice, de sa grandeur et du taux de renouvellement de l'air (Barn, 2014). Pour encourager les gens à adopter les mesures de

protection sanitaire nécessaires, des messages simples comme « N'allez pas à l'extérieur » ou « N'effectuez pas d'activité physique à l'extérieur » peuvent être utilisés. Il est également préférable de ne pas demander de modifications de l'infrastructure telles que l'achat de filtres à air ou de climatiseurs portatifs (Dix-Cooper et coll., 2014). Les effets sanitaires d'une diminution du temps passé à l'extérieur n'ont pas été correctement évalués et dépendent probablement de la qualité du logement et de ses installations. Les aînés, les personnes ne comprenant pas la langue dans laquelle le message a été émis et les personnes isolées sont plus difficiles à joindre et sont donc moins susceptibles de suivre ces mesures.

### 3.8.4.2 Mesures d'adaptation publiques

#### Système de surveillance et d'alerte

Compte tenu de la complexité du calcul des émissions à la source et de la cohésion relative d'un panache de fumée sur de grandes distances, il est assez difficile d'inclure les feux de forêt dans les prévisions de la qualité de l'air (voir le chapitre 5 : Qualité de l'air). Environnement et Changement climatique Canada a mis en place le Système de prévision de la fumée des feux de forêt pour le Canada (FireWork), qui permet d'estimer la trajectoire de la fumée des feux de forêt à travers l'Amérique du Nord pendant les prochaines 48 heures (Environnement et Changement climatique Canada, 2019b). En Colombie-Britannique, la CAS a fait l'objet d'ajustements afin de mieux refléter les impacts de la fumée des feux de forêt sur la qualité de l'air, la perception du risque par le public et la santé de la population en Colombie-Britannique. La CAS et l'indice modifié (CAS+) étaient tous deux associés à la mortalité toutes causes confondues, aux visites chez le médecin pour des problèmes du système circulatoire et des voies respiratoires, ainsi qu'à la prescription de médicaments contre l'asthme. Pendant la saison des feux de forêt, l'indice modifié s'est avéré mieux adapté pour les résultats liés à l'asthme et, pendant les périodes de feux de forêt intenses, pour les résultats concernant l'ensemble des troubles respiratoires (Yao et coll., 2020). Les prévisions de la qualité de l'air pour les feux de forêt continuent de s'améliorer (Chen et coll., 2019); elles ont été associées à certains effets sur la capacité respiratoire (Yao et coll., 2013; Yao et coll., 2020). Les seuils d'intervention pour réduire l'exposition peuvent reposer sur les valeurs des indices de qualité de l'air ou les concentrations de polluants. En supposant un bon taux d'adoption des mesures dans la population, une simulation en Caroline du Nord a révélé que les prévisions sur 24 ou 48 heures pourraient aider à réduire les visites aux services d'urgence pour l'asthme et l'insuffisance cardiaque si les interventions sont mises en œuvre à une concentration projetée de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2,5}$ , comparativement à des concentrations plus élevées telles que  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Rappold et coll., 2014).

#### Préparation et plan d'action

Afin de mieux préparer le système de soins de santé et la population aux feux de forêt, le Centre de collaboration nationale en santé environnementale et le British Columbia Centre for Disease Control ont recommandé 13 actions prioritaires découlant de la consultation de 29 professionnels de la santé (Maguet, 2018). Ces priorités sont liées aux thèmes suivants : documenter les expériences de mise en œuvre d'abris antifumée et établir des lignes directrices pour leur identification et leur utilisation; solliciter la participation active des professionnels de la santé publique locaux dans la planification des interventions d'urgence; et sensibiliser les professionnels de la santé aux effets des feux de forêt et aux mesures d'adaptation connexes.

En permettant aux pharmaciens de prescrire ou de renouveler certains médicaments sans l'ordonnance d'un médecin lors des situations d'urgence, on pourrait également réduire la vulnérabilité de certaines personnes atteintes de maladies préexistantes exigeant la prise de médicaments (Mak et Singleton, 2017).

### Évacuations

Les évacuations lors de feux de forêt, en tant que mesure d'adaptation, ont des effets sanitaires mitigés et ne devraient avoir lieu que lorsque la sécurité publique n'est pas compromise. Plusieurs études démontrent que certaines évacuations ont mené à une augmentation de la mortalité et de la morbidité chez les personnes en établissement, à la transmission de maladies infectieuses dans les refuges, ainsi qu'à une diminution de la santé et du bien-être mental des adultes et des enfants (Stares, 2014). Les peuples autochtones subissent souvent des impacts négatifs disproportionnés en lien avec les évacuations (voir le chapitre 2 : Changements climatiques et santé des Autochtones du Canada). Les effets positifs des évacuations n'ont pas été évalués et sont difficiles à documenter. Ces résultats concordent avec ceux d'autres études sur les effets des évacuations sur la santé (Munro et coll., 2017; Thompson et coll., 2017). En somme, il est possible de réduire les effets nocifs de la fumée des feux de forêt par la distribution de filtres à haut rendement, la mise à disposition d'abris antifumée dans les collectivités touchées, l'émission de messages simples incitant à rester à l'intérieur par des moyens permettant de rejoindre les personnes les plus isolées ou moins aptes à comprendre, ainsi que l'évacuation pour les populations dont les risques sanitaires de rester sur place surpassent ceux associés à l'évacuation. Une grande conscience du risque et l'existence de dommages antérieurs aux biens accroissent la probabilité d'évacuation d'un individu avant et pendant la survenue d'un feu de forêt, ce qui souligne l'importance de la sensibilisation des populations concernées (Thompson et coll., 2017).

### 3.8.4.3 Mesures d'adaptation des infrastructures

#### Aménagement du territoire

L'endiguement de l'étalement urbain constitue une mesure d'adaptation limitant à la fois l'exposition directe (chaleur) et l'exposition indirecte (fumée) aux aléas sanitaires des feux de forêt. Pour modérer l'exposition aux feux de forêt, les municipalités peuvent limiter leur périmètre urbain et conserver les projets de construction, ainsi que désigner des zones tampons naturelles pour limiter les constructions en milieu périurbain. De plus, les villes qui ont maintenant des activités agricoles dans leur périphérie sont moins à risque de subir des dommages lors de feux de forêt puisque les terres agricoles forment une zone tampon (Darques, 2015). La plantation de végétation plus résistante au feu en bordure de forêt peut également réduire la gravité de certains feux de forêt (Fernandes, 2013).

#### Milieu bâti

L'adaptation du domicile est aussi un facteur déterminant pour atténuer le risque de feux de forêt. La plupart des pertes d'infrastructure sont causées par les cendres propulsées par le vent qui se déposent sur les bâtiments et par la combustion de la végétation près des bâtiments. Par conséquent, l'utilisation de matériaux incombustibles pour le domicile et l'amincissement de la végétation environnante jusqu'à 30 mètres du bâtiment sont tous deux associés à une diminution significative des pertes d'infrastructure

lorsqu'un feu de forêt survient (Moritz et coll., 2014). Les programmes comme Intelli-feu (<<https://firesmartcanada.ca/>>) proposent diverses méthodes d'adaptation efficaces.

### **Brûlage dirigé**

Le brûlage dirigé de matières combustibles a été présenté comme une option d'adaptation pour réduire le nombre et l'intensité des feux de forêt (Fernandes, 2013). Les résultats quant à son efficacité sont toutefois mitigés. Étant donné que les matières combustibles organiques se renouvellent rapidement dans la forêt, le brûlage dirigé est plus efficace dans le cadre de l'intervention initiale lorsqu'un feu de forêt se produit ou lorsqu'il y a une réduction permanente des matières combustibles (Enright et Fontaine, 2014). Une partie importante de la forêt doit être traitée pour que le brûlage dirigé soit efficace, ce qui représente des coûts importants. Les brûlages répétés augmentent également la quantité de polluants dans l'air et exposent les résidents des environs aux risques sanitaires accessoires (Navarro et coll., 2018). Sans évaluer les coûts associés, une étude en Europe a néanmoins déterminé qu'un recours systématique et généralisé au brûlage dirigé pourrait réduire l'augmentation de la superficie incendiée en raison des changements climatiques à l'avenir, en la faisant passer de 200 % à moins de 50 % en 2090, comparativement au début du siècle (Khabarov et coll., 2016).

## **3.9 Précipitations et tempêtes**

### **3.9.1 Impacts des changements climatiques sur les précipitations et les tempêtes – tendances et projections**

Les précipitations moyennes annuelles au Canada ont augmenté de 20 % entre 1948 et 2012, le nord du Canada ayant subi une hausse plus importante (Zhang et coll., 2019). De fortes précipitations sur une journée ou moins peuvent causer des dommages localisés à l'infrastructure, comme les routes et les bâtiments, tandis que des épisodes de précipitations de plusieurs jours peuvent provoquer des inondations sur une zone étendue. Pour l'ensemble du Canada, aucune tendance n'était détectable quant aux précipitations extrêmes accumulées sur des périodes d'une journée ou moins. Davantage d'endroits ont connu une augmentation plutôt qu'une diminution de la quantité la plus élevée de précipitations sur une journée chaque année, mais l'évolution des tendances est aléatoire dans tout le pays.

Les prévisions indiquent avec un niveau de confiance élevé qu'autant les précipitations moyennes annuelles que les épisodes de précipitations extrêmes (figure 3.7) devraient s'accroître au cours du siècle, peu importe le scénario d'émissions de GES. De plus, les changements dans les régimes pluviométriques varient selon la saison (Zhang et coll., 2019). Les précipitations hivernales sous forme de pluie ont augmenté, une tendance qui devrait continuer. La hausse projetée des quantités annuelles de précipitations (environ 24 % de plus selon le RCP 8.5) est essentiellement causée par la hausse des précipitations en période non estivale dans l'ensemble des régions canadiennes, tout particulièrement dans les régions nordiques. À l'inverse,

les précipitations estivales devraient diminuer dans le sud du Canada, en particulier selon le RPC 8,5 (Zhang et coll., 2019). À mesure que le climat se réchauffe, en particulier dans le nord du Canada, il y aura inévitablement une probabilité accrue que les précipitations tombent sous forme de pluie plutôt que de neige, comme on l'observe déjà (Zhang et coll., 2019).



**Figure 3.7** Nombre annuel de jours de fortes précipitations projetés pour 2021-2050 au Canada, selon les tendances actuelles d'émission de GES (RCP 8.5). Les zones bleues correspondent aux régions comptant plus de 10 jours de précipitations extrêmes par année, tandis que les zones brunes correspondent aux régions comptant moins 4 jours de précipitations extrêmes par année. Un jour de fortes précipitations (JFP) est un jour où tombe un total d'au moins 20 mm de précipitations. Les précipitations gelées sont mesurées selon leur équivalent liquide : 20 cm de neige sont équivalents à environ 20 mm de précipitation. Source : Prairie Climate Centre, 2019.

L'effet des changements climatiques sur les vents et les tornades est incertain. En ce qui concerne les épisodes de grêle au Canada, une étude a permis de prévoir que d'ici 2070, le nombre de jours de grêle diminuerait (comparativement à la période de 1971 à 2000); la confiance quant à ces projections est faible — il s'agit du niveau de confiance le plus faible parmi les types d'événements extrêmes (Brimelow et coll., 2017). Par contre, les chutes de gros grêlons pourraient augmenter en été, créant plus de dommages qu'auparavant, en particulier dans le centre et l'Ouest du Canada (Brimelow et coll., 2017). Les vents et les précipitations

provoquent également des inondations, de l'érosion et de la submersion côtière; ces phénomènes sont abordés séparément dans la section 3.10 Inondations, inondations côtières et érosion côtière.

## 3.9.2 Effets sanitaires des précipitations et des tempêtes

### 3.9.2.1 Traumatismes non intentionnels – Précipitations

La neige, la pluie et la pluie verglaçante augmentent le risque de chute à l'extérieur en réduisant l'adhérence ou en créant des obstacles aux déplacements. Les précipitations augmentent particulièrement le risque de fracture à la hanche et au poignet (Ali et Willett, 2015). À Montréal, seuls trois événements de pluie verglaçante ou épisodes de pluie suivis de baisses importantes des températures ont causé près de la moitié des chutes qui sont survenues pendant les mois de décembre 2008 et de janvier 2009 (Morency et coll., 2012). Une autre étude concernant les personnes de 40 ans et plus à Montréal a indiqué que les chutes de neige pourraient avoir un impact plus important sur les fractures à la hanche que les chutes de pluie (Modarres et coll., 2014). Le risque de fractures à la hanche en lien avec les variables météorologiques semble augmenter de façon exponentielle lors de conditions extrêmes. En Angleterre, les visites médicales pour blessures accidentelles de 1996 à 2006 avaient augmenté de 2,2 % par accumulation de 10 millimètres de pluie et de 7,9 % lors des journées enneigées (Parsons et coll., 2011). La pluie verglaçante semble avoir le plus grand impact sur les blessures, l'effet durant jusqu'à trois jours après les précipitations (Modarres et coll., 2014). Lors de la tempête de verglas qui a balayé l'Ontario en décembre 2013, il était 2,5 fois plus probable, comparativement aux années antérieures, que les habitants d'Ottawa et de Toronto soient hospitalisés pour des causes environnementales (Rajaram et coll., 2016). Outre les blessures, la neige peut accroître indirectement le risque de crise cardiaque étant donné que le déneigement et les déplacements dans la neige accroissent la fréquence cardiaque et que le froid favorise la vasoconstriction (Auger et coll., 2017e).

### 3.9.2.2 Traumatismes non intentionnels – Tempêtes

Malgré son effet déstabilisant, la vitesse moyenne du vent ne semble pas être significativement associée à une augmentation du nombre de blessures à un niveau d'intensité inférieur au seuil de tempête (Ali et Willett, 2015). En revanche, les rafales de 70 km/h et plus augmenteraient le risque de blessures (Saulnier et coll., 2017). On observe également une augmentation des blessures lors de l'effort de rétablissement suivant une tempête. En effet, des lacérations, des perforations, des électrocutions et des chutes peuvent survenir à cause de la fragilité et de l'instabilité des infrastructures (Goldman et coll., 2014). Bien que les précipitations maintiennent généralement les pollens au sol, les périodes de précipitations extrêmes et de tempêtes soulèvent d'énormes quantités de pollens dans l'air par choc osmotique. Cela peut entraîner une forte augmentation des symptômes d'asthme chez les personnes allergiques au pollen (D'Amato et coll., 2012).

### 3.9.2.3 Accidents de la route – Précipitations

Les précipitations accroissent le risque de blessures sur la route puisqu'elles rendent la chaussée glissante (Koetse et Rietveld, 2009; Ali et Willett, 2015). Dans le Grand Vancouver, on a estimé qu'une hausse de 17 % à 28 % du nombre de collisions liées à l'augmentation des précipitations maximales et totales devrait survenir d'ici 2055, l'effet étant plus prononcé lors d'événements de précipitations abondantes (Hambly et coll., 2013). Toutefois, les précipitations réduisent également le risque de décès sur la route parce que les automobilistes adaptent leur conduite sur les routes enneigées ou mouillées, notamment en réduisant la vitesse (Koetse et Rietveld, 2009; Ali et Willett, 2015). Dans l'ensemble du Canada, le risque relatif de mortalité lié aux précipitations a diminué dans dix villes canadiennes entre 1984 et 2002 alors qu'il n'a pas changé pour les chutes de neige (Andrey, 2010). Cette tendance pourrait se poursuivre à l'avenir, en fonction des régimes de précipitations et de l'amélioration de la sécurité des véhicules et de la route. En revanche, l'augmentation des cycles gel-dégel et des dégels hivernaux pourrait rendre les déplacements moins sécuritaires, car une surface de glace recouverte d'eau est plus glissante et les pneus d'hiver sont moins efficaces dans ces conditions (TIRF, 2012). Des vents plus forts pourraient également intensifier la poudrierie, diminuer la visibilité sur la route et réduire le contrôle des véhicules par les automobilistes (Goldman et coll., 2014). L'effet net des changements climatiques sur le risque de blessures dues aux déplacements routiers au Canada reste donc à déterminer.

### 3.9.2.4 Activité physique

L'augmentation des précipitations en été pourrait également influencer l'activité physique pratiquée. Au Canada, une étude menée auprès de 8 125 participants a permis d'estimer que le nombre de pas diminuait de 8,3 % lorsque les accumulations de pluie atteignaient 14 millimètres (Chan et coll., 2006). Les jours de pluie, comparativement aux journées sèches, les enfants peuvent consacrer jusqu'à 15 minutes de moins à l'activité physique d'intensité modérée ou élevée (Harrison et coll., 2015). On observe néanmoins un effet de plafonnement au-delà duquel la quantité de pluie n'a plus d'incidence sur le niveau d'activité physique pratiquée. Ainsi, une augmentation des épisodes de chutes de pluie abondantes plutôt que du nombre de jours de pluie pourrait ne pas avoir beaucoup d'impact sur les niveaux d'activité physique.

### 3.9.2.5 Maladies d'origine hydrique

Les eaux de ruissellement causées par les précipitations transportent de multiples polluants des milieux anthropiques et naturels vers des endroits propices à la concentration des eaux. Il en résulte des charges bactériennes importantes dans les eaux de surface et les eaux pluviales peuvent contaminer les eaux souterraines lors du mélange (Cann et coll., 2013). Cela augmente, particulièrement pour les maladies gastro-intestinales, le risque de propagation d'agents pathogènes d'origine hydrique tels que les virus (p. ex., entérovirus), les bactéries (p. ex., *Campylobacter*) et les protozoaires entériques (p. ex., *Giardia*) (Levy et coll., 2016; Ghazani et coll., 2018) (voir le chapitre 6 : Maladies infectieuses, ainsi que le chapitre 7 : Qualité, quantité et sécurité de l'eau). De plus, les pics de précipitations (p. ex., fortes précipitations) tout comme les creux (sécheresse) augmentent le risque de propagation de maladies d'origine hydrique et les changements

climatiques devraient accroître la fréquence de ces deux extrêmes au Canada (Herrador et coll., 2015; Ghazani et coll., 2018).

Il existe une corrélation positive entre les cas de légionellose et le volume de précipitations. La légionellose se transmet principalement par les voies respiratoires, et les précipitations augmentent la formation de particules aériennes infectées par des bactéries (voir le chapitre 6 : Maladies infectieuses). Au Connecticut, on a constaté que chaque augmentation de 5 millimètres des chutes de pluie augmentait le risque de légionellose de 48 %, ce qui représente une incidence plus élevée que celle observée pour les changements de température ou d'humidité (Cassell et coll., 2018). En fait, environ la moitié des agents pathogènes qui ont une incidence importante sur la santé humaine ou animale sont sensibles aux précipitations ou à l'humidité (McIntyre et coll., 2017). Les précipitations extrêmes, en particulier, ont des répercussions sur certaines bactéries ou certains parasites qui sont des agents de maladies d'origine hydrique, comme *Campylobacter*, *Cryptosporidium*, *Giardia*, et *Legionnella*, mais ce n'est pas le cas pour les précipitations non extrêmes (Sakamoto, 2015; Young et coll., 2015). À Vancouver, les jours dépassant le 90<sup>e</sup> centile de précipitations accroissaient le nombre de cas de *Cryptosporidium* et de *Giardia* jusqu'à six semaines après l'événement (Chhetri et coll., 2017). Les précipitations abondantes et les tempêtes peuvent également augmenter le risque relié aux agents pathogènes d'origine alimentaire, comme le norovirus, *Campylobacter*, *Toxoplasma gondii* et *Listeria monocytogenes* (Smith et Fazil, 2019).

Le ruissellement provenant de précipitations extrêmes nuit également aux eaux récréatives (p. ex., les plages), en exposant les utilisateurs à plusieurs agents infectieux de maladies d'origine hydrique (Sanborn et Takaro, 2013) (voir le chapitre 7 : Qualité, quantité et sécurité de l'eau).

### 3.9.2.6 Impacts indirects – Pannes d'électricité

Les vents forts et les précipitations comme la pluie verglaçante peuvent causer des pannes de courant. Une panne prolongée et étendue peut causer d'importantes perturbations sociales et nuire à la santé psychosociale des personnes touchées (Silver et Grek-Martin, 2015). En hiver, les pannes d'électricité peuvent également forcer certaines personnes à résider dans un logement froid et à en subir les conséquences sanitaires. Lors des pannes d'électricité hivernales, le risque d'intoxications au monoxyde de carbone est élevé en raison de l'utilisation de génératrices portatives et d'appareils de chauffage ou de cuisson portatifs (Goldman et coll., 2014; Johnson-Arbor et coll., 2014). Une intoxication peut aussi survenir lorsque le tuyau d'échappement d'une voiture en marche est obstrué par la neige, ce qui survient surtout le jour même d'une tempête de neige (Johnson-Arbor et coll., 2014).

### 3.9.3 Populations présentant des risques accrus face aux tempêtes et aux précipitations

#### 3.9.3.1 Précipitations

##### Sexe et genre

Un lien a été établi entre les chutes de neige importantes et les complications cardiovasculaires. Selon une étude québécoise portant sur la période de 1981 à 2014, les hommes présentaient un risque plus élevé de 16 % d'être hospitalisés et un risque plus élevé de 34 % de mourir d'un infarctus du myocarde le lendemain d'une chute de neige de 20 centimètres, comparativement à une journée sans neige (Auger et coll., 2017e). Cela s'explique très probablement par l'effort cardiaque accru engendré par le pelletage de neige combiné au froid, les hommes étant potentiellement plus susceptibles que les femmes de pelleter, en particulier après de fortes chutes de neige (Auger et coll., 2017e).

##### Âge

Les études indiquent que les enfants et les adultes de plus de 40 ans sont principalement à risque de chuter lors de précipitations et d'en subir les blessures. À Montréal, la pluie verglaçante a été désignée comme étant un facteur météorologique plus important que la température moyenne ou la neige pour expliquer le nombre de chutes chez les personnes âgées de 50 ans et plus, bien que d'autres études semblent indiquer un risque décroissant après 75 ans en raison de la perte de mobilité qui entraîne une diminution des déplacements lors d'épisode de pluie verglaçante (Morency et coll., 2012; Ali et Willett, 2015). Une étude menée au Québec a révélé que les personnes âgées de 40 à 74 ans sont plus susceptibles que les 75 ans et plus de subir des blessures en raison des conditions météorologiques (Martel et coll., 2010). En Finlande, on a constaté que les enfants avaient 50 % plus de chances de se blesser au poignet lors des journées de pluie que lors des journées sèches (Ali et Willett, 2015).

##### Vie en milieu rural

Au Canada, les résidents des petites villes et des régions rurales et éloignées sont également plus à risque de contracter des maladies d'origine hydrique, avec une proportion relativement élevée d'éclotions qu'on estime être survenues dans les municipalités de 5 000 habitants ou moins à la suite d'événements météorologiques inhabituels tels qu'une sécheresse ou de fortes précipitations (Febriani et coll., 2010; Moffatt et Struck, 2011). Ces municipalités et sources d'approvisionnement en eau privées (puits) dépendent souvent d'eaux souterraines peu ou pas traitées pour approvisionner leurs résidents en eau potable. Souvent, les petits systèmes et les particuliers ne peuvent pas investir suffisamment dans les mesures de traitement et de protection de l'eau. Au Canada, une personne sur huit a une source d'alimentation privée, la plupart dépendant de sources d'eau souterraine rurales (Charrois, 2010), et environ 1,7 million de Canadiens et de Canadiennes (4,9 %) sont desservis par de petites sources d'alimentation communautaire en eaux souterraines (3,1 %) et de surface (1,8 %) (Murphy et coll., 2016).

## Populations autochtones

De nombreuses populations autochtones sont aussi plus à risque de maladies d'origine hydrique, d'autant plus de la majorité des infrastructures de gestion de l'eau dans ces collectivités est considérée comme étant à risque modéré ou élevé relativement aux impacts des précipitations fortes (Neegan Burnside Ltd., 2011). De plus, de nombreuses collectivités n'ont pas accès à l'eau potable et continuent d'être soumises à des avis d'ébullition de l'eau et d'avis concernant la qualité de l'eau; cela augmente les risques sanitaires liés aux chutes de pluie extrêmes. C'est d'ailleurs dans les collectivités inuites que l'on retrouve la prévalence et l'incidence les plus élevées de maladies gastro-intestinales (Wright et coll., 2018). Voir le chapitre 2 : Changements climatiques et santé des Autochtones du Canada, et le chapitre 7 : Qualité, quantité et sécurité de l'eau, afin d'en savoir plus sur les risques accrus de tempêtes ou de précipitations extrêmes pour les Premières Nations, les Inuits ou les Métis et pour connaître les facteurs de vulnérabilité qui exacerbent les impacts directs et indirects de ces aléas sur leur santé.

### 3.9.3.2 Tempêtes

Certains groupes de population sont plus touchés par les tempêtes qui causent d'importantes perturbations sociales et ont des impacts sanitaires graves. Étant donné qu'il peut être plus difficile de se procurer des médicaments pendant et après une tempête, les personnes dont la santé physique ou mentale en dépend pourraient subir des conséquences négatives (McClelland et coll., 2017). Les aînés, les hommes, les fumeurs et les personnes qui ont déjà des problèmes respiratoires sont plus susceptibles de contracter la légionellose et d'autres maladies d'origine hydrique lors de fortes pluies, habituellement quelques semaines après l'événement (Hicks et coll., 2007; Sakamoto, 2015; Cassell et coll., 2018).

#### Âge

Les enfants sont à risque de trouble de stress post-traumatique à la suite de tempêtes, particulièrement les enfants qui, auparavant, présentaient déjà des symptômes anxieux ou dépressifs (Furr et coll., 2010). Les tornades et les vents violents nuisent également davantage aux aînés. Par exemple, les tornades de 2011 aux États-Unis ont fait augmenter le nombre d'hospitalisations et de visites aux soins intensifs chez les aînés de 4 % à 9 % dans les 30 jours suivant les événements (Bell et coll., 2018).

#### Effets périnataux

Le stress pendant la grossesse causé par une tempête ayant des effets prolongés sur les services essentiels peut également avoir des conséquences à long terme pour l'enfant à naître. Par exemple, le projet Verglas a examiné les impacts du stress prénatal associé à la tempête de verglas qui, en janvier 1998, a plongé 3 millions de personnes dans le noir dans le sud du Québec. Certains foyers ont attendu jusqu'à 40 jours que l'électricité soit rétablie, et ce, pendant l'un des mois les plus froids de l'année. Selon cette étude, les enfants de femmes enceintes qui ont été touchées de manière importante (stress) par cet événement présentaient un risque plus élevé de plusieurs problèmes de santé physique et mentale, y compris des signes avant-coureurs de troubles de l'alimentation (St-Hilaire et coll., 2015) et d'autisme (Walder et coll., 2014). Ils sont également plus susceptibles d'avoir un système immunitaire affaibli (Veru et coll., 2015), de développer des problèmes

d'asthme (Turcotte-Tremblay et coll., 2014), d'avoir un indice de masse corporelle plus élevé (Liu et coll., 2016a) et, chez les jeunes filles, d'avoir leurs premières règles à un âge plus avancé (Duchesne et coll., 2017).

### **Cultivateurs et éleveurs**

Les cultivateurs et les éleveurs doivent généralement rester sur leur propriété pendant les pannes de courant parce qu'ils doivent prendre soin de leur bétail et de leurs infrastructures. Pendant la crise du verglas de 1998, 49 % des fermiers de l'est de l'Ontario privés d'électricité pendant une semaine ou moins ont déclaré des symptômes de stress tout au long de l'événement, et ce taux grimpeait à 76 % pour les fermiers privés d'électricité pendant plus de 15 jours (Sutherland et Glendinning, 2008). De plus, 13 % des agriculteurs privés d'électricité pendant une semaine ou moins et 37 % des agriculteurs privés d'électricité pendant plus de 15 jours ont subi, après l'événement, des effets sur la santé autres que le stress persistant, ce qui révèle un impact croissant associé à la durée de la panne d'électricité.

## **3.9.4 Mesures d'adaptation aux tempêtes et aux précipitations**

### **3.9.4.1 Mesures d'adaptation publiques**

#### **Plans d'action et approche à barrières multiples pour la gestion de l'eau**

Plusieurs mesures permettent de réduire les risques sanitaires liés aux précipitations, notamment dans le domaine de l'eau potable. L'approche à barrières multiples réduit le risque de contamination de l'eau pour les municipalités dotées d'une installation de traitement de l'eau potable, en offrant de multiples redondances opérationnelles en cas de défaillance du système (Patrick, 2018) (voir le chapitre 7 : Qualité, quantité et sécurité de l'eau). À plus petite échelle, une approche participative impliquant des représentants de l'environnement et des experts pourrait aider à mieux cerner les risques de contamination de l'eau potable et à améliorer les connaissances sur les enjeux liés aux bassins versants (Dykman, 2013). L'Alberta et la Saskatchewan ont adopté ce type d'approche collaborative dans leur planification de la protection des sources d'eau dans plusieurs communautés autochtones (Patrick, 2018). La gestion intégrée par bassin versant, utilisée dans plusieurs provinces au Canada, adhère aux principes de gouvernance, de participation des collectivités et des peuples autochtones et de décisions inclusives (Conservation Ontario, 2010; Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2016; Regroupement des organismes de bassins versants du Québec, 2019). La prise en compte des impacts futurs des changements climatiques dans la détermination des risques est également essentielle pour assurer l'efficacité et la pérennité des stratégies mises en place, notamment dans le domaine de l'eau potable (Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 2016).

#### **Évacuations lors d'inondations ou de tempêtes**

Les évacuations sont une des mesures d'adaptation permettant de diminuer les dommages après une catastrophe. À l'échelle individuelle, la perception du risque, les comportements d'évacuation antérieurs et la préparation d'un plan d'évacuation sont tous des facteurs prédisposant les individus à évacuer, alors que le temps de résidence inhibe généralement cette prédisposition (Thompson et coll., 2017). L'émission d'un avis d'évacuation obligatoire incite aussi davantage les gens à se conformer qu'un avis d'évacuation volontaire.

En plus de l'influence de la famille et des amis, le fait que des représentants de la collectivité locale émettent cet avertissement augmente la probabilité d'évacuation. Compte tenu de leurs coûts économiques et psychosociaux importants, les évacuations devraient être limitées à des événements à grande échelle. Les évacuations pourraient avoir davantage d'effets négatifs que positifs sur la santé (Stares, 2014; Munro et coll., 2017). Pour réduire ces impacts négatifs, les autorités publiques pourraient encourager les ménages à se procurer des articles essentiels (nourriture non périssable, trousse de premiers soins, lampe de poche, etc.) afin de constituer une trousse d'urgence. Les critères d'évacuation pourraient aussi être revus afin de tenir compte davantage des conséquences sanitaires des évacuations. Pour les établissements de soins de longue durée, les foyers de soins infirmiers et les maisons de retraite, les évacuations préventives lors de tempêtes devraient être évitées puisque plusieurs études démontrent que les personnes évacuées de ces établissements présentent un risque plus élevé de mortalité et d'hospitalisation que les personnes qui y restent (Pierce et coll., 2017; Willoughby et coll., 2017). Le taux de mortalité chez les résidents des foyers de soins atteint 17 % jusqu'à six mois après l'évacuation (Willoughby et coll., 2017). Les résidents des foyers de soins qui courent un risque accru de subir les impacts négatifs d'une évacuation sont des résidents de sexe masculin âgés de plus de 80 ans, qui ont une plus grande déficience fonctionnelle et cognitive et un certain nombre de comorbidités (Willoughby et coll., 2017).

### **Intervention d'urgence et préparation organisationnelle**

Plusieurs mesures permettraient de diminuer les impacts des événements extrêmes sur les patients en établissement de soins de longue durée, comme l'adoption d'un plan de gestion des catastrophes, la formation du personnel quant aux interventions lors d'événements météorologiques extrêmes, la prévision des besoins des patients après l'événement et la mise en place de systèmes de redondance (génératrice centrale, etc.). La mise sur pied d'un plan de gestion de catastrophes à l'échelle municipale ou provinciale définissant clairement les responsabilités de chacun des ministères et prévoyant des refuges et des services diminue le temps de réponse et accroît l'efficacité des interventions (Mehiriz et Gosselin, 2016). Des activités de simulations de catastrophe peuvent également offrir un regard critique sur les failles du système et les éléments à améliorer dans la gestion des événements de ce type (Bayntun et coll., 2012). Le fait de disposer d'un nombre suffisant d'employés correctement formés dans les établissements de santé est le facteur le plus important pour assurer la résilience des services de santé lors de catastrophes (Ryan et coll., 2016). Une étude menée au Québec en 2016 auprès d'organismes de santé a indiqué qu'ils étaient beaucoup moins préparés à certains événements fréquents comme les inondations qu'aux événements de chaleur extrême (Valois et coll., 2017a). De plus, deux études ont montré que les centres de traumatologie de niveau 1 au Canada ne sont pas suffisamment préparés aux catastrophes naturelles ou d'origine humaine (p. ex., attaques terroristes). En 2011, plus de 40 % de ces centres, essentiels à l'intervention d'urgence, n'avaient pas effectué d'exercice de simulation au cours des deux dernières années, comparativement à 30 % en 2019 (Gomez et coll., 2011; Gabbe et coll., 2020).

### **3.9.4.2 Mesures d'adaptation des infrastructures**

Certaines mesures liées aux infrastructures résidentielles ou publiques peuvent aider les collectivités à s'adapter aux tempêtes ou aux précipitations extrêmes. La modernisation des infrastructures, en particulier des toits, afin qu'elles répondent aux normes de construction du Canada, diminuerait la vulnérabilité aux

intempéries des infrastructures et de leurs occupants. D'autres interventions, comme l'installation de volets résistants aux intempéries sur les fenêtres, le renforcement des portes de garage et d'entrée et la stabilisation des objets extérieurs, peuvent empêcher le vent et les débris qu'il transporte d'endommager les biens et de mettre en danger les personnes à l'intérieur (Institut de prévention des sinistres catastrophiques, 2012a). Les réparations et l'entretien réguliers des toitures pour obtenir une pente et une capacité suffisante afin de résister aux accumulations de neige, de glace ou de grésil sont d'autres options pour diminuer les risques d'effondrement (Institut de prévention des sinistres catastrophiques, 2012b). Cependant, ces mesures ne sont pas financièrement accessibles à tous les propriétaires.

De plus, l'enfouissement des lignes électriques, le renforcement des capacités de soutien des pylônes et des poteaux de distribution, l'intégration de pylônes anti-chute en cascade et la gestion de la végétation près des lignes électriques constituent des mesures d'adaptation pour réduire la probabilité qu'une panne électrique survienne après une tempête ou des chutes de pluie verglaçante abondantes (Hydro-Québec, non daté; Audinet et coll., 2014). La restauration d'éléments esthétiquement et culturellement significatifs endommagés dans les milieux sinistrés a également été proposée comme étant un moyen potentiel de favoriser la santé psychosociale des victimes de sinistres et l'effort de reprise après une catastrophe. En Ontario, les personnes affichant un fort sentiment d'appartenance au milieu ont davantage participé à l'effort de reprise après une tornade qui a frappé la communauté rurale de Goderich en 2011, favorisant de ce fait la cohésion sociale (Silver et Grek-Martin, 2015).

## **3.10 Inondations, inondations côtières et érosion côtière**

### **3.10.1 Impacts des changements climatiques sur les inondations, les inondations côtières et l'érosion côtière – tendances et projections**

La fréquence et la gravité des inondations, des inondations côtières et de l'érosion côtière seront influencées par l'augmentation des précipitations moyennes et extrêmes, la fonte précoce des neiges, l'augmentation du niveau de la mer et la réduction du couvert de glace (Derksen et coll., 2019; Greenan et coll., 2019; Zhang et coll., 2019). On s'attend à ce que les températures hivernales et printanières plus élevées, combinées à une hausse des précipitations sous forme de pluie plutôt que de neige, entraînent une fonte des neiges plus précoce au printemps et l'arrivée plus précoce des inondations printanières, bien que l'effet combiné de ce réchauffement et de la réduction du couvert de neige sur les inondations soit incertain (Bonsal et coll., 2019; Derksen et coll., 2019). À cause des changements dans les régimes de précipitations, les inondations associées aux précipitations pluviales devraient augmenter alors que les inondations associées

aux précipitations nivales devraient diminuer. Dans les milieux urbains, l'augmentation des épisodes de précipitations extrêmes augmentera le risque de débordement<sup>6</sup> et d'inondation soudaine.

L'ampleur de l'élévation du niveau de la mer variera grandement dans l'ensemble du Canada en fonction du mouvement vertical régional des terres en réponse au retrait de la dernière calotte glaciaire (Greenan et coll., 2019). Dans les provinces de l'Atlantique, par exemple, l'augmentation du niveau de la mer devrait être plus importante que la moyenne mondiale à cause de l'affaissement du sol (mouvement vers le bas). Dans l'ensemble du Canada, on s'attend à ce que le niveau de la mer augmente pour la majeure partie des côtes de l'océan Atlantique, de l'océan Pacifique et de la mer de Beaufort, bien que certaines régions comme la baie d'Hudson puissent connaître une baisse du niveau de la mer en raison de l'élévation des terres qui sera plus importante que l'élévation du niveau de la mer à l'échelle mondiale (Greenan et coll., 2019). À l'intérieur des terres, il n'y a aucune indication que le niveau d'eau des lacs et des milieux humides ait changé à l'heure actuelle (Bonsal et coll., 2019). Cependant, une accélération de l'évapotranspiration pourrait diminuer le niveau d'eau des plans d'eau intérieurs si celle-ci surpasse l'intensification prévue des précipitations. Enfin, l'activité des vagues dans le Canada atlantique et arctique s'accroîtra en réponse à l'augmentation de l'étendue et de la période sans glace (Greenan et coll., 2019). Combinée à l'augmentation du niveau de la mer, elle devrait accroître le nombre d'inondations côtières et le rythme du recul des côtes. Il existe également un risque documenté supérieur d'inondations fluviales, pluviales et côtières dans les collectivités autochtones du pays. Une étude récente menée auprès de 985 collectivités a permis d'estimer que près de 22 % des propriétés résidentielles risquaient d'être inondées, avec une récurrence de 100 ans (Thistlethwaite et coll., 2020).

## 3.10.2 Effets sanitaires des inondations, des inondations côtières et de l'érosion côtière

### 3.10.2.1 Inondations – Impacts physiques

Les inondations peuvent causer des blessures, infecter des plaies et favoriser les électrocutions, particulièrement pendant la période de nettoyage et de rétablissement (Du et coll., 2010; Lowe et coll., 2013). Elles peuvent aussi causer des noyades et des hypothermies, le danger étant plus important lors d'inondations éclair. Cependant, la mortalité et les blessures ne forment qu'une petite partie du fardeau sanitaire des inondations au Canada. Les effets sur la morbidité physique et mentale surpassent ces conséquences (Bartholdson et von Schreeb, 2018).

Les inondations ont été associées à une incidence accrue de maladies d'origine hydrique, de maladies à transmission vectorielle et d'autres maladies infectieuses puisqu'elles favorisent un contact direct avec l'eau, la contamination des sources d'eau potable ainsi que la reproduction d'agents pathogènes et de vecteurs de maladies tels que les insectes et certains animaux nuisibles (Funari et coll., 2012; Brown et Murray, 2013; Cann et coll., 2013; McMichael, 2015; Levy et coll., 2016) (voir le chapitre 6 : Maladies infectieuses). Les

---

6 Les débordements d'eaux usées brutes non traitées dans les rivières et dans d'autres sources possibles d'eau potable peuvent se produire lorsque des chutes de pluie extrêmes entraînent un dépassement de la capacité des égouts unitaires, c'est-à-dire des égouts qui transportent à la fois les eaux usées et les eaux pluviales (Garde-rivière des Outaouais, 2020).

inondations en milieu urbain provoquant des débordements d'égouts favorisent la propagation d'agents infectieux, de moisissures et d'autres contaminants toxiques nuisibles à la santé humaine. Pour le fleuve Saint-Laurent, il est projeté que l'augmentation des épisodes de débordement en amont (depuis la région métropolitaine de Montréal) augmente les concentrations d'*Escherichia coli* jusqu'à 87 % d'ici 2070 dans les sources d'eau potable situées en aval, comme pour la région métropolitaine de Québec (Jalliffier-Verne et coll., 2017). Les maisons inondées sont également propices à l'apparition de champignons, de bactéries et de moisissures qui accroissent le risque de développer et d'aggraver des problèmes cutanés, allergiques et respiratoires (Tempark et coll., 2013; Azuma et coll., 2014; Saulnier et coll., 2017).

### 3.10.2 Inondations – Impacts psychosociaux

Les inondations nuisent au milieu de vie, perturbent la vie sociale et accroissent l'incertitude financière par les coûts matériels et les perturbations économiques qu'elles entraînent, souvent pendant de longs mois. Les inondations sont donc associées à des impacts psychosociaux et à une détérioration de la qualité de vie (Turner et coll., 2012a; Fernandez et coll., 2015; French et coll., 2019) (voir le chapitre 4 : Santé mentale et bien-être). Entre autres, elles accroissent l'incidence de symptômes de stress post-traumatique, de dépression, d'anxiété et d'idéation suicidaire chez les personnes exposées (Alderman et coll., 2012; Turner et coll., 2012a; Warsini et coll., 2014; Fernandez et coll., 2015; Munro et coll., 2017; Graham et coll., 2019). Selon certaines études, la prévalence du stress post-traumatique parmi les populations victimes d'inondations au cours des deux années précédentes varie de 9 % à 53 % (Alderman et coll., 2012). Les inondations répétées n'augmentent pas nécessairement le niveau de stress post-traumatique et de dépression; cependant, peu de recherches ont été effectuées concernant leurs effets sur la santé (French et coll., 2019). En 2017, un sondage auprès de 200 ménages a révélé que 67 % de la population de l'est de Montréal touchée par les inondations déclarait éprouver un sentiment d'anxiété, des problèmes de sommeil ou des troubles de concentration, le pourcentage étant plus important chez les personnes évacuées (CIUSSS du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal, 2017). De plus, 24 % des répondants estimaient que leur état de santé mentale était passable ou mauvais, soit presque cinq fois la prévalence des troubles mentaux dans l'ensemble de la population montréalaise. D'autres études utilisant des indices de bien-être psychologique ont également révélé une relation inverse entre ces indices et le degré d'exposition aux inondations (Fernandez et coll., 2015). Selon une étude réalisée à Burlington, en Ontario, auprès d'une centaine de résidents touchés par les inondations de 2014, ces résidents présentaient un niveau de stress élevé même trois ans après l'inondation (Decent, 2018). Néanmoins, la prévalence des troubles psychologiques peut diminuer et la situation peut se rétablir au fil du temps (Fernandez et coll., 2015; Johal et Mounsey, 2016; Jermacane et coll., 2018).

L'exposition aux inondations augmenterait l'abus de drogues, d'alcool ou de médicaments et diminuerait le sentiment de sécurité et d'appartenance au milieu (Tapsell et Tunstall, 2008; Fernandez et coll., 2015). Les relations avec les voisins, les amis et la famille peuvent également se détériorer après une inondation, comme on l'a vu chez les aînés jusqu'à six mois après l'inondation de 1996 au Saguenay (Maltais, 2006). Le contraire peut également être vrai. Un sondage mené auprès de 963 personnes après l'inondation survenue à Calgary en 2013 a révélé que ceux qui avaient soutenu les autres pendant ou après l'inondation avaient un sentiment plus élevé de cohésion sociale (Hetherington et coll., 2018).

Le stress subi lors des inondations peut également nuire à la santé physique (Saulnier et coll., 2017). Par exemple, lors de la crue de la rivière Richelieu au Québec en 2011, les personnes exposées avaient 25 % plus de chances de subir un incident cardiaque à la suite la crue, quoique cette augmentation n'ait pas été observée lors du déluge du Saguenay en 1996 (Vanasse, Cohen et coll., 2016; Vanasse et coll., 2015). En effet, ces deux inondations étaient très différentes si l'on regarde le nombre de personnes touchées et la durée de l'événement. Les complications associées au diabète de même que les problèmes d'hypertension artérielle et de nutrition augmentent également après l'inondation (Saulnier et coll., 2017).

### 3.10.2.3 Inondations côtières

Les impacts des inondations côtières sur la santé des populations sont différents des conséquences des inondations et des tempêtes. Elles sont moins propices que les inondations à la propagation de maladies à transmission vectorielle ou d'origine hydrique, bien que les précipitations associées puissent augmenter le risque. À l'instar des inondations ordinaires, les inondations côtières pourraient nécessiter des évacuations prolongées et causer des dommages importants aux biens et aux infrastructures publiques. Les impacts psychosociaux et physiques associés au stress financier et aux perturbations sociales sont donc théoriquement applicables aux inondations côtières tout comme ils s'appliquent aux inondations d'eau douce (Lane et coll., 2013; Manuel et coll., 2015). Par contre, peu d'études se sont réellement penchées sur les effets sanitaires de cet aléa en dehors d'un contexte d'ouragans ou de tempêtes tropicales, qui s'applique peu au Canada, exception faite des provinces de l'Atlantique qui peuvent subir le passage de queues d'ouragan (Hung et coll., 2016; Lane et coll., 2013; Ryan et coll., 2016; Saulnier et coll., 2017).

### 3.10.2.4 Érosion côtière

À moins que des glissements de terrain aient lieu, le risque de blessure lié à l'érosion côtière est minime ou inexistant. Elle peut toutefois causer des impacts psychosociaux et des dommages aux biens. Les effets sanitaires de l'érosion côtière sont plus difficiles à évaluer étant donné qu'ils sont ressentis à moyen et à long terme et qu'ils permettent, en théorie, de prendre des mesures préventives. Tout comme dans le cas des inondations côtières, les effets sanitaires de l'érosion côtière ont très peu été étudiés. À certains endroits, il est toutefois évident que l'érosion et les inondations côtières accroîtront l'isolement des régions en rendant les routes impraticables et en détériorant d'autres infrastructures en bordure de côte (Drejza et coll., 2015; Manuel et coll., 2015). En diminuant l'habitabilité des régions touchées, elles pourraient aussi mener à un éclatement permanent des communautés et encourager l'exode des populations.

### 3.10.2.5 Impacts indirects – Pannes d'électricité

Les inondations, côtières ou autres, peuvent également causer des pannes d'électricité. Même si les effets des pannes électriques lorsqu'il fait plus chaud représentent une menace moins importante puisque les dangers sont principalement associés à l'utilisation de chauffage d'appoint et à l'exposition au froid (Lane et coll., 2013; Klinger et coll., 2014), les pannes d'électricité durant les saisons intermédiaires pourraient augmenter ces risques comparativement à une situation normale, puisque les températures extérieures

ne sont pas optimales pendant ces saisons. Les inondations ont été associées à une augmentation de l'intoxication au monoxyde de carbone avant et pendant l'événement et même pendant la phase de reprise (Waite et coll., 2014). De plus, l'absence de climatisation lors d'une panne d'électricité pourrait accroître l'exposition à la chaleur pendant les périodes de chaleur intense.

### **3.10.3 Populations présentant des risques accrus face aux inondations, aux inondations côtières et à l'érosion côtière**

#### **3.10.3.1 Âge**

Les enfants et les adolescents sont également susceptibles d'éprouver des symptômes de stress post-traumatique après une catastrophe, bien qu'on ne sache pas exactement à quel point ils sont plus touchés que les adultes (Furr et coll., 2010; Garcia et Sheehan, 2016; Lai et coll., 2017). D'après deux examens de la littérature, le risque serait élevé chez les jeunes filles que chez les jeunes garçons, ainsi que chez les enfants et les adolescents qui manquent de soutien social (Garcia et Sheehan, 2016; Lai et coll., 2017). La plupart des études sur le sujet montrent que les enfants tolèrent un faible niveau de stress post-traumatique sur une longue période (Lai et coll., 2017). Comparativement aux adultes, il semble moins probable que les symptômes de stress post-traumatique des enfants s'aggravent après un événement extrême. Dans tous les cas, ce stress est susceptible d'avoir un impact notable sur le développement à long terme de l'enfant. Les troubles de stress post-traumatique chez les enfants ont été associés à des déficits cognitifs, à des problèmes d'alcool et de drogues, à l'immunodéficience, à l'asthme de même qu'à des troubles d'apprentissage, du sommeil et du comportement (Garcia et Sheehan, 2016). Un lien a également été établi entre le stress prénatal causé par les inondations et le statut pondéral des enfants (Dancause et coll., 2015).

Les victimes d'inondation âgées de plus de 65 ans présentent également beaucoup plus de symptômes d'anxiété, de dépression et de stress post-traumatique que les personnes dans la force de l'âge (Leyva et coll., 2017; Decent, 2018). Selon une revue systématique, le risque de mortalité et de morbidité pendant et après une inondation est particulièrement élevé chez les adolescents et les jeunes adultes (10 à 29 ans) de même que chez les personnes âgées de plus de 60 ans (Lowe et coll., 2013).

#### **3.10.3.2 Sexe et genre**

Après une inondation, les femmes auraient un risque accru d'éprouver des impacts psychologiques alors que les hommes seraient plus susceptibles de subir des impacts physiques tels que des problèmes cardiaques (Lowe et coll., 2013). À la suite des inondations de 2011 à Calgary, les ordonnances de médicaments contre l'anxiété et de somnifères ont été multipliées respectivement par 1,64 et par 2,32 chez les femmes (Sahni et coll., 2016). De plus, les femmes sont plus susceptibles d'être victimes de violence familiale à la suite d'événements extrêmes comme les inondations, et les femmes qui subissent de la violence après les inondations sont plus susceptibles de déclarer qu'elles souffrent de dépression (First et coll., 2017).

### 3.10.3.3 Présence de maladies préexistantes

Les personnes ayant des problèmes de santé préexistants sont plus sensibles aux effets des inondations (Lowe et coll., 2013). Lors de la crue de la rivière Richelieu survenue au Québec en 2011, les personnes ayant des antécédents de maladies cardiovasculaires avaient 70 % plus de chances de subir un problème cardiaque à la suite des inondations, comparativement à 25 % pour l'ensemble des personnes touchées (Vanasse et coll., 2016a). Les personnes qui prennent des médicaments sont également plus à risque parce que l'accès aux médicaments pourrait être compromis lors de perturbations sociales importantes comme les inondations (Gaskin et coll., 2017). L'accès à des soins essentiels pour les personnes ayant des problèmes de santé physique ou mentale préexistants pourrait aussi être problématique. En ce qui concerne le stress post-traumatique, les personnes très anxieuses sont plus susceptibles de ressentir une forte anxiété après des événements météorologiques extrêmes, comme on l'a constaté après les inondations survenues à Calgary en 2011 (Hetherington et coll., 2018).

### 3.10.3.4 Populations autochtones

Les Premières Nations et les Métis sont particulièrement vulnérables aux événements extrêmes comme les inondations, car ils vivent souvent dans des régions isolées dotées d'infrastructures en mauvais état et dans des milieux socioéconomiques défavorisés (voir le chapitre 2 : Changements climatiques et santé des Autochtones du Canada). Par exemple, entre 2006 et 2016, près de 67 communautés des Premières Nations ont vécu quasiment 100 inondations qui ont causé d'importants dommages aux biens et aux infrastructures, des interruptions de services communautaires et des impacts sur la santé et le bien-être des individus.

### 3.10.3.5 Vie en milieu rural et faible statut socioéconomique

Les municipalités pourvues d'égouts de type unitaire (c'est-à-dire des égouts acheminant à la fois les eaux usées et les eaux pluviales à une station d'assainissement) sont plus à risque de subir des débordements d'eaux usées et d'eau ordinaire (Fortier, 2013). De plus, les zones touchées par l'érosion côtière sont souvent des collectivités éloignées ou rurales à faible statut socioéconomique. Ces collectivités n'ont pas toujours les ressources financières ou humaines pour s'adapter aux aléas côtiers et ont ainsi besoin de soutien externe (Chouinard et coll., 2008). De plus, la proportion de personnes âgées y est généralement plus élevée, sans compter que l'exode rural actuel et le vieillissement démographique continueront à remettre en question la résilience de ces communautés (Manuel et coll., 2015; Rapaport et coll., 2015) alors que la bonne cohésion sociale et la capacité à faire face peuvent diminuer les effets psychologiques des inondations (Greene et coll., 2015). En plus des résidents, les bénévoles et les intervenants d'urgence risquent également de subir les effets sanitaires des inondations pendant la phase de reprise (Johanning et coll., 2014).

### 3.10.3.6 Assurance

Les personnes sans assurance sont plus susceptibles de subir les impacts psychosociaux des inondations (Tunstall et coll., 2006; Mulchandani et coll., 2019). Les personnes n'ayant pas d'assurance contre les

inondations ont souvent un profil de dénuement économique plus élevé, compte tenu des coûts de la protection contre les inondations (Poussin et coll., 2015; Koerth et coll., 2017). Le temps nécessaire pour communiquer avec les compagnies d'assurance peut également augmenter le stress chez les personnes dont la résidence a été inondée (Maltais, 2006).

### 3.10.4 Mesures d'adaptation aux inondations, aux inondations côtières et à l'érosion côtière

#### 3.10.4.1 Mesures d'adaptation individuelles

##### Comportements d'adaptation

À l'échelle individuelle, les mesures d'adaptation des infrastructures afin d'offrir une protection contre les conséquences des inondations comprennent l'élévation du domicile (p. ex., compteur d'électricité, portes, meubles, plinthes et prises électriques), le déplacement des objets du sous-sol aux étages et l'imperméabilisation des fondations du domicile (Poussin et coll., 2015; Koerth et coll., 2017; Valois et coll., 2020a). Cependant, il est important de choisir des mesures adaptées aux caractéristiques du domicile et à son environnement pour éviter des conséquences et des dommages imprévus (p. ex., phénomène de soulèvement dû à l'imperméabilisation des fondations lors de crues très importantes). Entre autres mesures bénéfiques non liées aux infrastructures, il est également possible de chercher à savoir si son domicile est situé dans une zone inondable, de s'informer des conséquences et des mesures d'adaptation relatives aux inondations, de faire l'inventaire de ses biens et de se procurer des assurances en cas d'inondations. Selon un sondage pancanadien, cependant, seulement 6 % des gens savaient qu'ils vivaient dans une zone inondable, tandis que 30 % avaient pris des mesures pour protéger leur propriété contre les inondations (Thistlethwaite et coll., 2017). Il est possible que les personnes ayant des assurances aient l'impression qu'elles peuvent prendre davantage de risques ou prendre moins de mesures pour se protéger contre les aléas pour lesquels elles ont pris une assurance. L'assurance est également une option inabordable pour certains ménages à faible revenu. Le fait d'établir les primes d'assurance en fonction de la mise en œuvre de mesures de protection inciterait les assurés à se protéger davantage (Botzen et coll., 2009). Dans tous les cas, les mesures incitatives financières sont primordiales pour encourager l'adaptation à l'échelle individuelle étant donné que les individus exposés peuvent être conscients du risque sans avoir les moyens de s'y adapter (Wachinger et coll., 2013; Poussin et coll., 2014). Les programmes d'aide devraient être modulés de façon à alléger le fardeau financier des ménages à faible statut socioéconomique et à risque.

##### Perception du risque

Plusieurs facteurs associés à la perception des individus peuvent aussi influencer l'adoption de mesures d'adaptation aux aléas côtiers. Parmi ceux-ci, on peut retrouver la perception du risque, l'efficacité perçue d'une mesure d'adaptation, la perception de contrôle sur la mise en œuvre de cette mesure, le coût estimé de son implantation et la perception qu'il incombe à chacun de prendre des mesures (Bubeck et coll., 2012; Kellens et coll., 2013; Poussin et coll., 2014; Valois et coll., 2020a). Le nombre d'inondations vécues dans le passé, les connaissances factuelles des risques et des mesures d'adaptation, de même que le fait d'être

propriétaire de son habitation, de résider dans une maison unifamiliale et de vivre de façon permanente dans une maison accroissent aussi les chances qu'un individu adopte des mesures d'adaptation en milieu côtier (Koerth et coll., 2017; Valois et coll., 2019; Valois et coll., 2020a). De plus, le sentiment d'appartenance au milieu de vie intensifie la perception du risque en ce qui concerne les événements relativement fréquents (Bonaiuto et coll., 2016). D'un autre côté, ce sentiment diminue la probabilité qu'un individu déménage ou évacue, en plus d'aggraver les impacts psychosociaux le cas échéant. Certaines personnes accepteront également de s'exposer à un risque par accoutumance au risque ou parce qu'ils estiment que les avantages de résider dans une zone riveraine à risque surpassent les coûts potentiels (Wachinger et coll., 2013; Poussin et coll., 2014; Koerth et coll., 2017). Il existe un indice d'adaptation aux inondations permettant de mesurer l'ampleur de l'adaptation en reliant l'adaptation avant et après les inondations avec des variables telles que le revenu, le type de ménage et la perception (Valois et coll., 2019).

### 3.10.4.2 Mesures d'adaptation publiques

#### Évacuations

Il arrive souvent, lorsque des inondations sont prévues ou se produisent, que les autorités publiques ordonnent des évacuations. Cependant, à l'instar d'autres aléas dont il est question dans le présent chapitre, les évacuations ne sont pas toujours une mesure d'adaptation appropriée : plusieurs études montrent des effets négatifs pour les personnes évacuées, comparativement aux personnes restées en place. Au Royaume-Uni, les victimes d'inondations qui sont restées à leur domicile présentaient un risque de dépression moins élevé que les personnes évacuées (Munro et coll., 2017). Les personnes évacuées affichaient des taux de dépression, d'anxiété et de stress post-traumatique plus élevés. L'intensité des effets sur la santé mentale varie en fonction de la durée pendant laquelle une personne est privée de son milieu de vie et de son revenu, les personnes à faible revenu présentant un risque élevé (Lamond et coll., 2015; Lowe et coll., 2013; Munro et coll., 2017). Il est plus difficile pour les personnes à mobilité réduite ou ayant des incapacités sensorielles et cognitives d'évacuer, de se préparer et de faire face aux inondations. Par conséquent, on observe un risque de blessures et de mortalité important chez les personnes âgées pendant ou après l'évacuation (Gamble et coll., 2013; Thompson et coll., 2017; Willoughby et coll., 2017). Les autorités publiques devraient prendre en compte ces conséquences sanitaires lorsqu'elles prennent des décisions afin de savoir si l'évacuation est la solution optimale ou non. Si des évacuations sont nécessaires, la diffusion d'un avis d'évacuation au moins 12 heures à l'avance semble réduire les impacts psychosociaux des inondations. Une étude a montré que les personnes qui n'ont pas reçu d'avertissement ou qui en ont reçu un à moins de 12 heures de préavis présentaient un niveau plus élevé de détresse psychologique (Munro et coll., 2017).

L'évacuation permanente, soit le déménagement, peut aussi être envisagée comme mesure de prévention. Les impacts sanitaires de ces déménagements permanents en dehors d'une zone à risque, qu'ils soient volontaires ou forcés, sont plus importants pour les personnes ayant un fort sentiment d'appartenance au milieu et à la collectivité ou dont le réseau social local est considérable (Uscher-Pines, 2009; Lowe et coll., 2013; Munro et coll., 2017). La stabilité d'emploi et les coûts associés au déménagement représentent des enjeux importants pour la vulnérabilité des personnes à plus faible revenu. Le déménagement au sein de la même collectivité limite les effets sur les liens sociaux, tandis que l'octroi d'un soutien financier public aux personnes à faible revenu atténue les conséquences pour ce segment de la population. À la suite des

graves inondations qui ont touché la région de La Mitis (Québec) en 2011, le gouvernement a pris en charge, pour les résidents des zones à risque d'inondations ou d'érosion côtières, les frais de déménagement vers un secteur à proximité spécialement construit à cet effet, et les autorités locales ont géré un programme d'accompagnement des citoyens (Radio-Canada, 2018).

### Préparation et plan d'action

Des alertes météorologiques publiques et d'autres outils sont à la disposition des particuliers et des autorités de santé publique du Canada pour se préparer aux tempêtes et aux inondations (gouvernement du Canada, 2019b). Sur le plan de l'intervention, les intervenants de première ligne et de gestion des urgences pourraient également être mieux sensibilisés aux liens entre la violence conjugale et les sinistres de même qu'aux façons d'agir pour aider les victimes, y compris les enfants (First et coll., 2017). La capacité d'adaptation des personnes ayant des incapacités physiques ou mentales serait améliorée par la participation à la planification et aux interventions d'urgence, par le biais d'organisations travaillant auprès de ces groupes de personnes (Gaskin et coll., 2017). Les services de santé au sein de municipalités présentant des risques d'inondation devraient se doter de plans et de stratégies d'urgence en cas de sinistre, particulièrement pour les inondations (Burton et coll., 2016). Ces plans devraient inclure des mesures concernant la formation du personnel, la prévision des besoins médicaux des patients pendant un sinistre, un procédé décisionnel considérant les évacuations comme solution de dernier recours, et l'évaluation systématique de l'efficacité des interventions après sinistre (Pierce et coll., 2017). Les travailleurs sociaux et autres professionnels en santé psychosociale devraient également être mieux formés pour mieux répondre aux sentiments de perte et de deuil causés par les événements météorologiques (Fulton et Drolet, 2018). De plus, une surveillance accrue des maladies infectieuses par les autorités de santé publique pendant et après les inondations serait également bénéfique (McMichael, 2015; Burton et coll., 2016).

### 3.10.4.3 Mesures d'adaptation des infrastructures

La mise à jour régulière des cartes des zones inondables, des zones vulnérables aux inondations et des zones d'érosion côtière est une mesure primordiale à la gestion de ces risques. Les modifications de l'environnement bâti peuvent diminuer les risques d'inondation et de débordement. Les mesures de gestion des eaux de pluie telles que les bassins de rétention et le fait de rendre l'environnement urbain plus perméable au ruissellement permettent de réduire ces risques en réduisant le fardeau des systèmes d'assainissement de l'eau et en favorisant l'absorption de l'eau de pluie, diminuant ainsi le risque de débordements (Houghton et Castillo-Salgado, 2017). On trouve des exigences quant à ces mesures dans certaines certifications vertes pour les bâtiments ou l'aménagement de quartier, telles que LEED, mais pas toujours. Une étude a révélé que des scénarios d'imperméabilisation modérée et intense du sol urbain peuvent multiplier respectivement par deux ou quatre le risque d'inondation ou de débordement, sans tenir compte des changements climatiques (Zimmermann et coll., 2016). La perméabilisation accrue du sol grâce à des infrastructures vertes fait partie des mesures qui pourraient stabiliser ou réduire ces risques (Farrugia et coll., 2013; Lennon et coll., 2014; Zimmermann et coll., 2016). La revégétalisation de 20 % à 40 % des berges peut réduire le débit de pointe d'une rivière jusqu'à 19 % alors qu'un pourcentage de 10 % à 15 % peut le réduire jusqu'à 6 % (Dixon et coll., 2016), en plus de réduire l'érosion ainsi que la perte de valeur foncière (Moudrak et coll., 2018). L'interdiction de construire dans les zones côtières à risque au moyen de règlements

de zonage ou d'autres moyens légaux permettrait de diminuer progressivement l'exposition aux aléas côtiers, avec la perte graduelle des droits acquis et l'atténuation de l'étalement urbain dans les zones à risque. Les infrastructures vertes sont également une mesure efficace pour prévenir ou ralentir l'érosion côtière (Keesstra et coll., 2018).

#### **3.10.4.4 Évaluation des mesures d'adaptation aux inondations, aux inondations côtières et à l'érosion côtière**

Malheureusement, l'évaluation de l'efficacité sur le plan sanitaire des mesures d'adaptation aux inondations, aux inondations côtières et à l'érosion côtière n'a pas été effectuée dans un contexte canadien et l'a très peu été à l'international (Burton et coll., 2016). Les mesures prises par les municipalités et les provinces sont encore majoritairement de nature réactive plutôt que proactive, bien qu'une tendance inverse commence à se dessiner (Manuel et coll., 2015; Burton et coll., 2016; Hurlbert et Gupta, 2016). La mise en œuvre de certaines mesures d'adaptation pourrait ne pas être avantageuse dans la mesure où leurs coûts pourraient excéder les bénéfices, surtout dans les zones où les dommages potentiels et la probabilité d'occurrence sont relativement faibles. Pour être en mesure de mieux évaluer les coûts et les bénéfices, des programmes comme la plateforme Prévention Inondation, le Programme national d'atténuation des catastrophes et des organismes tels que FloodSmart Canada (<<http://floodsmartcanada.ca>>) procurent des informations détaillées permettant d'assister autant les individus, les entreprises que le secteur public afin d'optimiser les investissements en matière d'adaptation aux aléas côtiers (gouvernement du Canada, 2019a; Sécurité publique Canada, 2019). L'évaluation et la cartographie des risques côtiers et leur mise à jour pour tenir compte des tendances climatiques sont également essentielles afin de mieux cibler les interventions. Au Canada, cette cartographie a été établie avant le début du XX<sup>e</sup> siècle et une mise à jour serait utile (Henstra et Thistlethwaite, 2018). Au Québec, plusieurs études d'impacts et de rentabilité des options d'adaptation en zone côtière ont amené le gouvernement provincial et les municipalités à mettre en œuvre un programme d'adaptation sur l'ensemble du Saint-Laurent (fleuve, estuaire et golfe) (Bernatchez et coll., 2015; Circé et coll., 2016). Ce programme inclut une réglementation et des normes de construction plus strictes, ainsi que des indemnisations et des déménagements.

## 3.11 Glissements de terrain, avalanches et dégel du pergélisol

### 3.11.1 Impacts des changements climatiques sur les glissements de terrain, les avalanches et le dégel du pergélisol – tendances et projections

Un climat plus chaud et plus humide accroît généralement la fréquence des glissements de terrain (Gariano et Guzzetti, 2016). Les études menées au Canada sur les effets des changements climatiques sur les glissements de terrain ont été réalisées majoritairement en Colombie-Britannique et semblent confirmer que le réchauffement des températures ainsi que l'augmentation des quantités de précipitations ont accru la fréquence et l'ampleur des glissements de terrain au cours du siècle dernier (Jakob et Lambert, 2009; Geertsema, 2013; Gariano et Guzzetti, 2016).

L'effet net des changements climatiques sur les avalanches au Canada n'est pas clair. Entre 1981 et 2011, le nombre d'avalanches aurait diminué dans l'ouest du Canada alors qu'il ne semble pas y avoir de tendance dans le sud du Québec (Hetu et coll., 2015; Sinickas et coll., 2016). Le réchauffement des températures, l'accumulation de neige, la pluie verglaçante, la force des vents ainsi que la formation d'une couche de givre ou de cristaux de glace en début de saison ont une incidence sur la possibilité que des avalanches se produisent et sur leur intensité, ce qui complexifie la prévision des impacts futurs (Germain et coll., 2009; Bellaire et coll., 2016; Sinickas et coll., 2016).

Le pergélisol couvre près de 40 % de la masse terrestre canadienne et s'étend sous l'océan Arctique. Le réchauffement projeté des températures au sol devrait favoriser le dégel du pergélisol sur de grandes superficies (jusqu'à 20 %) dans les régions nordiques d'ici 2090 (comparativement aux superficies de 1990) (Derksen et coll., 2019). Quelques observations régionales indiquent que la température du pergélisol a augmenté de 0,1 °C à 1 °C par décennie, le réchauffement étant plus important dans le Canada arctique que dans les régions subarctiques. On observe également la formation de formes de relief thermokarstiques<sup>7</sup> sur de larges étendues dans le nord du Canada, qui est un milieu caractérisé par des affaissements de terrain découlant du dégel du pergélisol. La superficie de terre soutenue par le pergélisol au Canada pourrait diminuer de 16 % à 20 % selon des scénarios d'émissions de GES faibles ou modérées (scénarios du GIEC AR4 A2 et B2, utilisés en 2007) comparativement à 1990, certaines estimations étant même plus pessimistes (Derksen et coll., 2019). La région nordique circumpolaire du pergélisol contient des réserves de carbone équivalentes à la quantité totale de carbone déjà présent dans l'atmosphère (Derksen et coll., 2019). Le dégel projeté du pergélisol pourrait libérer une énorme quantité de GES dans l'atmosphère, ce qui contribuerait à l'accélération des changements climatiques et de leurs conséquences.

---

7 Les formes de relief thermokarstiques sont des topographies irrégulières liées au pergélisol en dégel riche en glace (Derksen et coll., 2019).

## 3.11.2 Impacts sanitaires des glissements de terrain, des avalanches et du dégel du pergélisol

### 3.11.2.1 Impacts sanitaires des glissements de terrain

Le risque de mourir dans un glissement de terrain est assez faible au Canada et a diminué au fil des ans, alors que le nombre de glissements de terrain semble augmenter. De 1990 à 2018, 23 glissements de terrain ont causé la mort à travers le Canada pour un total de 39 décès, soit un à deux décès par an en moyenne (Blais-Stevens et coll., 2018). La probabilité de décès est plus importante lorsque les glissements de terrain ont lieu rapidement et touchent des personnes à l'intérieur d'un bâtiment (Kennedy et coll., 2015). Les glissements de terrain peuvent aussi entraîner des blessures et des traumatismes physiques tels que des lacérations, des contusions, des commotions et des fractures. Quelques études réalisées à l'extérieur du Canada (Italie, Grèce, Porto Rico, etc.) ont également associé l'exposition aux glissements de terrain à une incidence accrue de stress post-traumatique et à une détérioration de la cohésion sociale jusqu'à deux ans après l'événement (Kennedy et coll., 2015). Par contre, ces effets sont généralement observés lors de glissements de terrain mortels de grande envergure, ce qui est rare au Canada.

### 3.11.2.2 Impacts sanitaires des avalanches

#### Santé physique

Les risques sanitaires associés aux avalanches sont principalement liés aux traumatismes et aux décès qu'elles peuvent causer. À travers le Canada, 123 personnes sont décédées en raison d'une avalanche de 2009 à 2018 (Avalanche Canada, 2018). Les avalanches posent un risque particulier dans l'Ouest canadien (102 de ces 123 décès sont survenus en Colombie-Britannique et 16 en Alberta), puisque les pentes montagneuses dans l'Ouest canadien sont beaucoup plus fortes que dans le reste du pays. L'asphyxie, les traumatismes graves et l'hypothermie causent l'essentiel des décès associés aux avalanches (Boyd et coll., 2009; Kornhall et Martens-Nielsen, 2016). Une étude a d'ailleurs estimé que les avalanches étaient fatales dans 23 % des cas, le taux de mortalité s'élevant à 50 % lorsque la victime est entièrement sous la neige (Kornhall et Martens-Nielsen, 2016).

#### Santé psychosociale

Les avalanches peuvent également avoir un effet à court et à long terme sur la santé psychosociale des personnes touchées. Une étude en Islande a évalué les impacts psychosociaux sur les populations de deux villages touchés par des avalanches mortelles (Thordardottir et coll., 2015). Environ 16 % des villageois touchés par des avalanches, directement ou indirectement, présentaient des symptômes de stress post-traumatique liés à l'avalanche 16 ans après l'événement. Les villageois avaient également un risque plus élevé de subir des troubles du sommeil et de souffrir d'hyper-réactivité post-traumatique, comparativement à une population semblable non exposée.

### 3.11.2.3 Impacts sanitaires du dégel du pergélisol

Le dégel du pergélisol est un aléa propre aux milieux nordiques. Ses risques pour la santé sont plus indirects que les avalanches et les glissements de terrain qui constituent des aléas à développement rapide. Le dégel du pergélisol compromet l'intégrité des habitations, des bâtiments publics, des routes et d'autres infrastructures, or les collectivités nordiques, comme de nombreuses collectivités des Premières Nations et des Inuits, ont déjà des infrastructures insuffisantes. Elles sont également dépendantes du transport aérien pour obtenir des aliments et des denrées essentielles comme les médicaments (Allard et coll., 2012; Ford et coll., 2014; Durkalec et coll., 2015). De plus, le dégel du pergélisol pourrait avoir une incidence sur le risque de contracter une maladie d'origine hydrique en libérant des agents infectieux et des concentrations importantes de métaux lourds tels que le mercure (Moquin et Wrona, 2015; Vonk et coll., 2015; Schuster et coll., 2018) (voir le chapitre 6 : Maladies infectieuses, et le chapitre 8 : Salubrité et sécurité des aliments).

Partout au Canada, de nombreuses collectivités autochtones font face à de graves difficultés en matière de salubrité de l'eau en raison de systèmes inadéquats d'alimentation en eau et d'assainissement des eaux usées, d'un manque de personnel qualifié et d'une exposition accrue aux polluants ou aux contaminants environnementaux, et bon nombre d'entre elles sont soumises à des avis d'ébullition de l'eau à court et à long terme (Wright et coll., 2018; Services aux Autochtones Canada, 2020a; Services aux Autochtones Canada, 2020b). Le dégel du pergélisol peut accroître l'exposition aux risques sanitaires liés à l'eau contaminée en affaiblissant davantage les systèmes d'alimentation en eau ou les sources d'eau (Neeagan Burnside Ltd., 2011). Enfin, le dégel du pergélisol peut compromettre la sécurité alimentaire des collectivités arctiques, qui utilisent les celliers de glace creusés à même le pergélisol pour entreposer de façon sécuritaire la nourriture, comme à Inupiat, en Alaska (U.S. Climate Resilience Toolkit, 2017). La biodiversité, et donc l'accès à la nourriture traditionnelle, sera aussi touchée négativement par ce dégel du pergélisol, ce qui pourrait avoir des effets supplémentaires sur les populations locales (Berteaux et coll., 2016).

### 3.11.3 Populations présentant des risques accrus face aux glissements de terrain, aux avalanches et au dégel du pergélisol

Les personnes résidant sur des sols argileux ou près de pentes abruptes sont plus à risque d'être exposées aux glissements de terrain (Porter et Morgenstern, 2013; Macciotta et Lefsrud, 2018). De plus, certaines études menées à l'international ont démontré que les femmes étaient plus susceptibles de subir des symptômes de stress post-traumatique à la suite d'un glissement de terrain majeur (Kennedy et coll., 2015). Les personnes pratiquant la motoneige, le ski, la raquette, la randonnée pédestre hivernale et toute autre activité hivernale en terrain montagneux sont les personnes les plus exposées aux avalanches (Boyd et coll., 2009). Près de la moitié des décès provoqués par des avalanches entre 2009 et 2018 étaient des motoneigistes, et un peu plus du tiers étaient des skieurs (Avalanche Canada, 2018); 88 % des décès étaient des hommes, ce qui est comparable aux statistiques de la plupart des pays où il y a de la neige (Page et coll., 1999; Jamieson et coll., 2010; Berlin et coll., 2019).

En ce qui concerne le dégel du pergélisol, les populations nordiques et autochtones font face à un risque accru en raison de leurs infrastructures très exposées (comme les routes, les réseaux d'eau potable,

les bâtiments, les pipelines) et de leur accès limité à certaines ressources essentielles en raison de l'éloignement. Plus précisément, les peuples autochtones résidant dans des zones vulnérables au dégel du pergélisol sont plus à risque de subir des impacts sanitaires et sociaux négatifs étant donné les iniquités sociales et sanitaires déjà présentes, comme la mauvaise qualité des habitations et des infrastructures ainsi que le fardeau disproportionné de la maladie (voir le chapitre 2 : Changements climatiques et santé des Autochtones du Canada). De plus, compte tenu de leur proximité avec la nature et leur relation très étroite avec la terre, ces impacts des changements climatiques nuisent à leur mode de vie et peuvent détruire des endroits qui ont une importance culturelle (gouvernement du Nunavut, 2012). Par exemple, dans l'Inuit Nunangat<sup>8</sup> les perturbations naturelles, comme le dégel du pergélisol, la fonte ou l'amincissement des glaces ainsi que les changements dans le niveau de la mer, ont exacerbé la perte du savoir autochtone et des compétences en lien avec la chasse, le transport sur les routes, la prévision de la météo et le déplacement des animaux sauvages. Ces changements augmentent le risque de blessures non intentionnelles ou de décès et la nécessité de missions de recherche et de sauvetage, réduisent l'accès aux aliments traditionnels et ont des impacts sur la santé mentale.

### 3.11.4 Mesures d'adaptation aux glissements de terrain, aux avalanches et au dégel du pergélisol

Une des premières mesures d'adaptation s'appliquant tant aux glissements de terrain, aux avalanches qu'au dégel du pergélisol consiste à produire et à mettre à jour des cartes des risques et des zones de vulnérabilité. La surveillance de ces événements (p. ex., avalanche) est également primordiale (Agence spatiale canadienne, 2016; Avalanche Canada, 2018; MFFP, 2019).

#### 3.11.4.1 Mesures d'adaptation aux glissements de terrain

Étant donné le faible risque de décéder dans un glissement de terrain, la mise en place de mesures d'adaptation importantes telles que la relocalisation ne serait justifiée que dans les zones les plus à risque (Macciotta et Lefsrud, 2018). Ressources naturelles Canada offre un guide sur les meilleures pratiques pour évaluer les risques associés aux glissements de terrain, en fonction de critères physiques, légaux, économiques et relatifs à l'acceptation du risque (Porter et Morgenstern, 2013). De plus, des systèmes d'alerte préventive qui tiennent compte des propriétés hydrologiques et physiques des sols et des prévisions de précipitations ont été mis au point dans d'autres pays et pourraient permettre de limiter l'exposition des populations à ce risque dans certains cas (Chae et coll., 2017).

#### 3.11.4.2 Mesures d'adaptation aux avalanches

L'évaluation des zones à risque d'avalanche et l'adaptation consécutive de l'aménagement du territoire ont diminué considérablement le nombre de décès à l'intérieur des bâtiments (Hetu et coll., 2015; Germain,

---

8 L'Inuit Nunangat désigne les terres inuites du Canada et comprend quatre régions : la région désignée des Inuvialuit (nord des Territoires du Nord-Ouest), le Nunavut, le Nunavik (nord du Québec) et le Nunatsiavut (nord du Labrador).

2016). Outre la localisation stratégique des bâtiments, la reforestation des pentes est une autre mesure d'aménagement qui diminue le risque d'avalanche en bloquant le vent et le couloir d'avalanche (Hetu et coll., 2015). On observe également une tendance à la baisse du risque de mortalité depuis la création d'organismes surveillant les conditions climatiques propices aux avalanches qui sensibilisent le public aux risques associés aux avalanches et offrent des formations en matière de sécurité en montagne (Avalanche Canada, 2018). Les avalanches peuvent être déclenchées de manière préventive et contrôlée avant de devenir une menace, ou lorsque le risque devient trop élevé, comme dans le parc national des Glaciers dans les Rocheuses canadiennes (Parcs Canada, 2018).

### 3.11.4.3 Mesures d'adaptation au dégel du pergélisol

Des travaux réalisés par Ressources naturelles Canada ont permis de définir les seuils de température propices au dégel du pergélisol (Labbé et coll., 2017). Des mesures d'adaptation telles que l'utilisation de surfaces avec un albédo élevé, la pose de conduits de ventilation ou de drains thermiques sous l'infrastructure, l'implantation de digues de convection d'air ou de thermosiphons la longeant et la construction d'un refuge solaire au-dessus peuvent rafraîchir le sol et atténuer conséquemment les dommages aux infrastructures (Calmels et coll., 2016; Doré et coll., 2016). Plusieurs de ces mesures ont été mises en œuvre dans les collectivités nordiques canadiennes, bien qu'il n'y ait pas de stratégie nationale d'adaptation pour orienter de telles activités (Labbé et coll., 2017). L'autoroute Alaska au Yukon est un exemple bien documenté de caractérisation du risque et de stabilisation conséquente de l'infrastructure grâce à l'adaptation (Stephani et coll., 2014; Calmels et coll., 2016). La caractérisation des risques associés au pergélisol peut également mieux orienter l'aménagement du territoire. À Arviat au Nunavut, par exemple, une évaluation de ces risques a permis de mieux sensibiliser les décideurs aux risques que pose le dégel du pergélisol en plus de faciliter la concertation des intervenants (Flynn et coll., 2018). Le réseau de centres d'excellence pancanadien ArcticNet mène depuis 15 ans un important programme de recherche sur ces impacts et les solutions applicables (ArcticNet, 2021). Ainsi, une cartographie réalisée en 2013 des zones de pergélisol discontinu au Nunavik a permis une planification adaptée à ce risque pour les infrastructures et les établissements de santé, pour tous les niveaux de gouvernement concernés (L'Hérault et coll., 2013).

## 3.12 Lacunes dans la littérature et incertitude quant aux preuves scientifiques par rapport aux impacts sanitaires des aléas naturels influencés par les changements climatiques

Cette section détaille les principales lacunes dans la littérature scientifique et les incertitudes qui demeurent concernant les impacts sanitaires des aléas naturels, les personnes les plus à risque ainsi que les façons dont elles peuvent se protéger alors que le réchauffement climatique se poursuit au Canada.

### 3.12.1 Données portant sur la santé et les aléas naturels

Plusieurs incertitudes demeurent dans la littérature concernant les impacts sanitaires des aléas naturels influencés par les changements climatiques. Les effets sanitaires projetés dépendent fortement des scénarios d'émissions de GES, des changements démographiques et des niveaux futurs d'adaptation des personnes, des collectivités et des établissements, par exemple, les systèmes et établissements de santé (voir le chapitre 10 : Adaptation et résilience des systèmes de santé). Ces projections doivent donc être interprétées avec prudence, puisqu'un niveau important de variabilité est à prévoir en fonction de ces facteurs. La littérature contient également des conclusions contradictoires concernant les impacts sanitaires des aléas naturels dans le contexte des changements climatiques. Ces conclusions sont incluses dans le présent chapitre, au besoin. Les processus menant aux effets sanitaires sont souvent indirects et complexes. Il est possible que certains effets ne soient pas évidents ou examinés dans les études en raison du grand nombre de variables et de leurs interactions complexes. Les dispositifs expérimentaux (p. ex., études cliniques) ou quasi expérimentaux<sup>9</sup> sont particulièrement difficiles à mettre en œuvre pour évaluer les effets des changements climatiques, voire impossibles dans certains cas. Les conceptions sont souvent observationnelles ou transversales et offrent donc des preuves légèrement moins solides, bien qu'elles soient toujours acceptables pour comprendre les risques et planifier l'adaptation. En revanche, plusieurs méta-analyses et analyses documentaires rigoureuses ont été documentées. Un déséquilibre persiste dans les sujets de recherche et la qualité des études répertoriées, et plusieurs lacunes subsistent. Malgré tout, le nombre d'études disponibles pour la majorité des aléas naturels influencés par les changements climatiques est substantiel et suffit, la plupart du temps, à caractériser clairement les impacts sanitaires actuels et à court terme.

Cependant, les modèles climatiques d'impacts ne tiennent pas encore compte (ou rarement) de la santé dans leurs simulations d'impacts, ce qui induit une incertitude sur les impacts globaux projetés (Gosling et coll., 2017). De plus, ces modèles ne tiennent pas compte des mesures d'adaptation, ce qui amène une incertitude supplémentaire (Gosling et coll., 2017).

---

9 La conception quasi expérimentale désigne les études pré-post non randomisées (c'est-à-dire, par exemple, que l'on n'a pas attribué de traitements aléatoirement aux participants, contrairement aux études cliniques).

### 3.12.2 Type d'aléas naturels pris en compte

Il existe, dans la littérature scientifique, plusieurs lacunes quant aux effets sanitaires des aléas naturels au Canada. Tout d'abord, plusieurs aléas naturels sont sous-représentés. Les effets sanitaires qui ne sont pas directement associés à la température, aux maladies infectieuses ou à la qualité de l'air sont généralement moins bien étudiés. La recherche sur les sécheresses, l'érosion côtière, les inondations côtières, les glissements de terrain et le dégel du pergélisol se concentre généralement sur les méthodes d'évaluation ou les dommages économiques et écologiques, et non sur les impacts sanitaires. La petite taille des populations touchées rend également les études d'impact sanitaire et de vulnérabilité plus difficiles à mener du point de vue méthodologique.

### 3.12.3 Impacts sanitaires directs et indirects

La plupart des effets directs, mais surtout indirects, de ces aléas sur la santé, tels qu'ils sont décrits dans le présent chapitre, devraient être analysés plus en détail et en fonction de leurs caractéristiques particulières. Bien que les impacts sur la santé mentale (stress post-traumatique, dépression, etc.) soient de plus en plus étudiés, les impacts de divers aléas sur la cohésion sociale, la dégradation de l'environnement, les mouvements de population et l'insécurité financière sont inconnus et restent à découvrir. Il est important d'évaluer ces effets sur la santé psychosociale, car ils ont un impact indirect sur la santé physique et la capacité d'adaptation des personnes touchées (voir le chapitre 4 : Santé mentale et bien-être).

### 3.12.4 Impacts des événements découlant d'aléas naturels combinés

Au Canada, très peu d'études ont porté sur les effets sanitaires, au sein de la population, des aléas naturels combinés survenant simultanément ou successivement. L'évaluation des impacts sanitaires et sociaux associés à l'exposition répétée à des événements extrêmes sur les mêmes populations est rare, et on devrait lui donner la priorité étant donné que l'on s'attend à ce que les changements climatiques augmentent la fréquence de nombreux événements et catastrophes météorologiques extrêmes, augmentant ainsi la probabilité d'événements combinés ou successifs. Parmi les exemples d'événements antérieurs au Canada, on retrouve l'exposition successive à des inondations (2017 et 2019) et à des tornades ou à des vents violents (2018) dans la région de Gatineau et d'Ottawa (CRC, 2020a), ou encore à des feux de forêt (2016) et à des inondations (2020) à Fort McMurray, en Alberta (CRC, 2020b). Les événements de chaleur extrême successifs qui ont frappé l'Est du Canada en 2020 en sont un autre exemple. Non seulement d'autres études sur les effets sanitaires de tels événements combinés sont nécessaires, mais il faut également établir les tendances futures attendues. L'évaluation traditionnelle des risques porte sur un danger ou un aléa à la fois, ce qui peut mener à une sous-estimation du risque pour les événements découlant d'aléas naturels qui sont souvent liés les uns aux autres (p. ex., chaleur extrême et feux de forêt), qui ont pour moteur les mêmes variables hydrométéorologiques (Zscheischler et coll., 2018) ou qui se combinent au point de dépasser les capacités d'adaptation qui protègent la santé. Il serait également utile, pour les projections climatiques, d'avoir une analyse des événements composés, comme des projections concernant les événements de chaleur extrême combinés (ou répétés), dont l'amplification est prévue (Baldwin et coll., 2019).

### 3.12.5 Impacts en cascade des aléas et impacts sur les systèmes de santé

Jusqu'à maintenant, peu de recherches ont été menées sur les impacts cumulatifs des aléas naturels pouvant nuire à la santé, comme la probabilité qu'une panne de courant provoque une pénurie d'eau ou de médicaments, ou la probabilité qu'une panne des feux de circulation provoque des accidents de la route. L'évaluation de la capacité du système de santé à faire face aux aléas naturels est également essentielle, même si elle est peu documentée, pour éviter une interruption des services ou une surcharge autant du point de vue des équipements que du personnel, notamment en milieu rural ou éloigné des centres urbains. Un système de santé lui-même vulnérable aux aléas naturels pourrait exacerber les effets sur la santé des populations à risque par son incapacité à répondre à la demande de soins, de médicaments et de services sociaux (voir le chapitre 10 : Adaptation et résilience des systèmes de santé). Actuellement, la pandémie de COVID-19 illustre aussi une situation dans laquelle un système de santé déjà surchargé peut avoir à gérer simultanément des effets d'un ouragan ou d'événements de chaleur extrême.

### 3.12.6 Comportements et mode de vie

Les effets des changements climatiques sur les comportements et les habitudes de vie mériteraient d'être étudiés davantage. Par exemple, l'analyse des effets de la chaleur et des précipitations sur l'activité physique, les activités extérieures, les habitudes de déplacement, l'alimentation, les interactions sociales, la criminalité, la charge émotionnelle, les capacités cognitives et le choix de lieu de vie serait essentielle à une évaluation complète et représentative des conséquences des changements climatiques, mais peu de données existent à ce sujet au Canada et ailleurs dans le monde.

### 3.12.7 Évaluation des mesures d'adaptation

Exception faite du verdissement, l'évaluation rétrospective des effets sanitaires des mesures d'adaptation aux aléas naturels fait également défaut. La littérature scientifique se concentre davantage sur les effets sanitaires en fonction de l'exposition et de la vulnérabilité aux aléas. Faute d'évaluation plus précise, les effets sanitaires doivent être déduits à partir des impacts des mesures d'adaptation sur la fréquence, la localisation, l'intensité des aléas naturels et le moment auxquels ils surviennent, la littérature étant plus étoffée à ce sujet. Même dans cette littérature, les études tiennent rarement compte des mesures d'adaptation mises en œuvre et des capacités d'adaptation individuelles ou sociales, ou sinon indirectement par le biais de certains facteurs socioéconomiques tels que le revenu et l'éducation. Les individus réagissent d'une façon ou d'une autre aux chaleurs extrêmes, aux froids intenses, aux épisodes de smog, à l'humidité et aux précipitations en réduisant le temps qu'ils passent à l'extérieur, par exemple, ce qui a une influence sur les effets sanitaires observés.

### 3.12.8 Impacts économiques des effets sanitaires et des mesures d'adaptation et d'atténuation

Bien qu'il existe des analyses coûts-avantages pour certaines mesures d'adaptation et d'atténuation face aux changements climatiques, elles ne tiennent pas compte des avantages sanitaires qui y sont associés. Les estimations de la valeur monétaire des avantages sanitaires des mesures proposées, y compris les coûts de soins de santé évités, pourraient aider à en justifier l'adoption et la mise en œuvre. Les décideurs ont besoin d'information pour savoir si des mesures d'adaptation coûteuses auraient des retombées économiques suffisantes, par exemple, les avantages de la réduction de la combustion d'énergies fossiles (moins de GES, moins de pollution atmosphérique) par rapport aux coûts de construction d'infrastructures (pistes cyclables, tramways) ou de mise en place d'un système de surveillance des impacts sanitaires. Il existe également très peu d'études qui mettent en lumière le niveau d'adaptation et de préparation aux changements climatiques, ainsi que l'efficacité des mesures particulières, que ce soit à l'échelle municipale, provinciale ou nationale; pourtant, ces préparatifs et adaptations peuvent diminuer grandement les coûts médicaux associés aux catastrophes naturelles, en particulier.

### 3.12.9 Importance relative des facteurs de vulnérabilité et de protection

Bien que la vulnérabilité soit au cœur de la littérature sur les impacts sanitaires des aléas naturels et de l'adaptation aux changements climatiques, d'autres recherches sont nécessaires pour mieux comprendre et classer les facteurs de vulnérabilité afin de hiérarchiser efficacement les mesures d'adaptation. L'évaluation des interactions entre ces facteurs et de leurs effets cumulés sur les résultats en matière de santé dans un contexte de changements climatiques fait également défaut. Il en va de même pour les facteurs de protection et leurs interactions avec les facteurs de vulnérabilité. À l'heure actuelle, la façon dont la vulnérabilité est conceptualisée est mal comprise, en particulier en ce qui concerne la cohésion sociale, le sentiment d'appartenance, l'éducation et certains facteurs culturels ou cognitifs.

### 3.12.10 Représentation équitable dans la littérature

Certaines populations qui risquent davantage de subir les effets des aléas naturels sur la santé sont moins étudiées que d'autres, en particulier celles qui souffrent déjà d'iniquités en santé (voir le chapitre 9 : Changements climatiques et équité en santé). Les personnes en situation d'itinérance, les personnes atteintes de maladies chroniques ou de maladie mentale préexistantes, les personnes à mobilité réduite, les populations racialisées et les personnes isolées socialement sont moins représentées dans la littérature comparativement aux hommes, aux femmes, aux personnes à faible revenu, aux enfants, aux travailleurs ou aux aînés.

Le sexe est souvent inclus dans les études d'impact<sup>10</sup> et chaque sexe peut présenter différents facteurs de vulnérabilité, mais on ne sait pas clairement si un sexe particulier est plus vulnérable dans l'ensemble. La prise en compte du genre<sup>11</sup> et des populations 2ELGBTQQIA+ est presque complètement absente de la littérature scientifique sur les changements climatiques (voir le chapitre 9 : Changements climatiques et équité en santé).

### 3.12.11 Populations autochtones

La documentation concernant l'impact des changements climatiques sur les populations autochtones au Canada est inégale sur le plan de l'attention accordée aux populations et aux régions. La plupart des recherches portent sur les populations inuites et l'Arctique canadien, tandis que les études sur les personnes vivant dans le sud du Canada ou les régions urbaines, ainsi que sur les Métis partout au Canada, sont rares. Bien qu'il y ait davantage de recherches sur les populations autochtones du nord du Canada, il existe moins de données que sur les populations générales vivant dans le sud du Canada. De plus, il existe d'importantes lacunes dans la recherche sur les impacts des changements climatiques sur la santé des collectivités des Premières Nations dans les Prairies et les provinces de l'Atlantique.

Les facteurs de vulnérabilité qui augmentent les risques d'impacts sanitaires pour les Premières Nations, les Inuits et les Métis ainsi que les impacts des aléas peuvent se distinguer, à des égards importants, des facteurs pour les populations non autochtones (p. ex., inégalités généralisées en matière de santé, iniquités et déterminants de la santé, y compris une histoire commune de colonisation) et nécessitent plus de recherches, tout comme les facteurs sur les déterminants de la capacité d'adaptation nécessaire pour renforcer la résilience face aux impacts futurs. De plus, les recherches sur les collectivités autochtones sont rarement pilotées par des Autochtones, ce qui peut contribuer à une interprétation parfois partielle des résultats de la recherche sur les impacts ou la vulnérabilité aux aléas naturels.

### 3.12.12 Facteurs à l'appui de l'adaptation

Les facteurs politiques, sociétaux et structurels favorisant l'adaptation efficace aux aléas naturels, bien qu'étudiés ailleurs, n'ont pas été évalués en profondeur dans un contexte canadien. Les facteurs déterminant la possibilité et la façon pour les décideurs, à l'intérieur et à l'extérieur du secteur de la santé, de mettre en œuvre des mesures d'adaptation aux changements climatiques ne sont pas bien documentés dans le contexte canadien. L'organisation légale et administrative, la planification stratégique, la communication entre les différents secteurs et ministères, l'attribution des ressources, les possibilités, le rôle de l'opinion publique et les méthodes d'évaluation et de hiérarchisation sont autant de sujets pertinents à approfondir pour faciliter l'adaptation aux changements climatiques et favoriser une gouvernance optimale.

---

10 Dans la science occidentale, l'interprétation du terme « sexe » est généralement binaire (homme et femme), faisant ainsi abstraction des personnes intersexuées.

11 Le terme « genre » fait référence aux rôles socialement construits attribués aux hommes et aux femmes. Dans la science occidentale, le terme « genre » est généralement confondu avec le terme « sexe » et est présenté comme étant binaire (homme et femme), faisant ainsi abstraction des personnes non binaires.

---

### 3.12.13 Communication sur les changements climatiques

Les stratégies et les mesures de communication sur les changements climatiques doivent également être étudiées davantage au Canada. La connaissance du risque et des mesures d'adaptation influence l'adoption des comportements préventifs. Il est donc essentiel d'avoir recours aux outils de communication et aux messages les plus efficaces pour atteindre les populations à risque accru, qui ont généralement moins de moyens de s'adapter, et d'adapter les messages en fonction de chaque sous-population. Actuellement, les efforts de communication liés aux changements climatiques et à la santé ne sont pas évalués au Canada. L'évaluation de ces efforts permettrait d'optimiser les impacts des campagnes de sensibilisation. Les approches et les techniques de marketing social sont un outil potentiellement puissant pour améliorer l'efficacité de la communication sur les changements climatiques et la santé, mais elles sont peu utilisées actuellement (Daignault et coll., 2018). En comprenant mieux les processus psychologiques qui amènent les personnes à adopter des mesures d'adaptation, on aiderait les responsables de la santé publique à mieux adapter les messages, par exemple en cernant le problème pour insister sur les possibilités et les avantages afin d'inciter à l'action. Plusieurs modèles de psychologie sociale, tels que la théorie du comportement planifié ou la théorie de la motivation à la protection, peuvent être utilisés à cette fin.

En somme, l'analyse des impacts des aléas naturels sur la santé, des facteurs de risque et de vulnérabilité, de même que des mesures d'adaptation nécessaires pour se préparer avec succès aux effets des changements climatiques est encore parcellaire au Canada malgré plus de 15 ans de travaux et un intérêt grandissant en la matière. D'autres recherches devraient être menées pour combler ces lacunes.

## 3.13 Conclusion

Le présent chapitre aborde les impacts des aléas naturels influencés par les changements climatiques sur la santé des Canadiens et des Canadiennes, en mettant particulièrement l'accent sur les populations à risque accru. Tous les aléas naturels indiqués ont déjà des impacts importants sur la santé des personnes, certains majeurs, et ces impacts devraient s'intensifier dans les années à venir si d'autres mesures d'adaptation ne sont pas prises.

Il y a quelques années, une évaluation externe a révélé que, même si plusieurs provinces ont adopté des plans d'action sur les changements climatiques qui reconnaissent les impacts des changements climatiques sur la santé de la population, la plupart des provinces en étaient encore aux premières étapes de l'adaptation aux impacts sanitaires des changements climatiques, avec des réponses fragmentées ou axées sur un nombre limité d'aléas, en particulier la chaleur (Austin et coll., 2015). De plus, un rapport rendu par les vérificateurs généraux provinciaux et fédéral en 2018 a critiqué les progrès limités réalisés en matière d'évaluation des risques et l'absence de plans d'adaptation détaillés à l'échelle du pays, malgré certains progrès concrets (Bureau du vérificateur général du Canada, 2018). Étant donné que les événements météorologiques extrêmes constituent l'élément le plus important des risques liés aux changements climatiques, cette conclusion demeure pertinente pour les aléas naturels.

Plusieurs mesures d'adaptation existent et certaines sont mises en œuvre par les autorités sanitaires; elles peuvent être adoptées plus largement pour réduire les effets des aléas sur la santé des Canadiens et des Canadiennes, comme l'a montré le présent chapitre. Par contre, le suivi et l'évaluation de ces mesures telles qu'elles sont mises en œuvre devraient être entrepris dans les prochaines années pour acquérir davantage de données probantes sur leur efficacité et leur efficience dans des contextes variés et chez des populations diversifiées. Il devrait donc devenir prioritaire de documenter et d'évaluer régulièrement les niveaux de risque de notre système de santé et la préparation aux aléas naturels, ainsi que de surveiller la mise en œuvre de mesures préventives pour réduire les risques, en particulier pour les populations vulnérables. L'élaboration de plans d'adaptation détaillés, région par région, dans l'ensemble du pays constituerait un premier pas important vers une meilleure préparation.

Une conclusion très similaire est ressortie d'un récent examen international qui a indiqué que l'inclusion des sous-populations vulnérables est faible dans toutes les mesures prises et que la diffusion de l'adaptation dans tous les secteurs reste insuffisante (Berrang-Ford et coll., 2019). Les auteurs de cet examen soutiennent également qu'il existe un écart important entre les objectifs d'adaptation et les instruments et moyens proposés pour la mise en œuvre et la production de rapports, y compris au Canada. Habituellement, les actions préliminaires (scénarios, outils conceptuels, guides, évaluation des impacts potentiels, etc.) prédominent largement sur la mise en œuvre systématique de mesures pratiques (soutien financier, technologie, évaluation des mesures, etc.) par les autorités sanitaires (Lesnikowski et coll., 2015; Lesnikowski et coll., 2016). De plus, il existe d'importantes différences régionales dans les efforts visant à comprendre les impacts sanitaires des aléas naturels au Canada et à s'y adapter.

À l'échelle municipale, une évaluation des plans en matière de changements climatiques des 63 villes les plus peuplées du Canada a révélé que la priorité était accordée aux mesures d'atténuation des GES plutôt qu'aux mesures d'adaptation, tandis qu'on négligeait l'évaluation des deux types de mesures dans les plans, leur mise en œuvre ainsi que la participation de divers intervenants (Guyadeen et coll., 2019). En fin de compte, le rythme actuel de mise en œuvre des mesures d'adaptation visant à réduire les impacts sanitaires des aléas naturels pourrait être insuffisant pour atténuer considérablement les effets futurs des changements climatiques, comme l'ont montré certains événements dramatiques récents et leurs effets, p. ex., la chaleur extrême de l'été 2021 et les graves feux de forêt qui ont touché l'Ouest canadien. Il est donc essentiel de redoubler d'efforts pour se préparer aux changements climatiques afin d'assurer une santé durable dans toutes les collectivités et régions du Canada.

## 3.14 Références

- Abbasi, S. (2014). *Adaptation to drought in Saskatchewan rural communities : A case study of Kindersley and Maidstone, Saskatchewan* [Master's Thesis, University of Saskatchewan]. University of Saskatchewan. Consulté sur le site : <<http://hdl.handle.net/10388/ETD-2014-01-1385>>
- Achakulwisut, P., Mickley, L., et Anenberg, S. (2018). Drought-sensitivity of fine dust in the US Southwest : Implications for air quality and public health under future climate change. *Environmental Research Letters*, 13(5), 054025.
- Acharya, P., Boggess, B., et Zhang, K. (2018). Assessing heat stress and health among construction workers in a changing climate : A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2). <<https://doi.org/10.3390/ijerph15020247>>
- Adam-Poupart, A., Smargiassi, A., Busque, M.-A., Duguay, P., Fournier, M., Zayed, J., et Labreche, F. (2014). Summer outdoor temperature and occupational heat-related illnesses in Quebec (Canada). *Environmental Research*, 134, 339-344. <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.07.018>>
- Adam-Poupart, A., Smargiassi, A., Busque, M.-A., Duguay, P., Fournier, M., Zayed, J., et Labreche, F. (2015). Effect of summer outdoor temperatures on work-related injuries in Quebec (Canada). *Occupational and Environmental Medicine*, 72(5), 338-345.
- Adam-Poupart, A., Nicolakakis, N., Anassour Laouan Sidi, E., Berry, P., Campagna, C., Chaumont, D., Hamel, D., Labreche, F., Sassine, M.-P., Smargiassi, A., Zayed, J. (2021). *Changements climatiques et vulnérabilités à la chaleur des travailleuses et travailleurs canadiens – regard sur les provinces du centre et de l'ouest du Canada*. Institut national de santé publique du Québec.
- Adetona, O., Reinhardt, T. E., Domitrovich, J., Broyles, G., Adetona, A. M., Kleinman, M. T., Ottmar, R. D., et Naeher, L. P. (2016). Review of the health effects of wildland fire smoke on wildland firefighters and the public. *Inhalation Toxicology*, 28(3), 95-139.
- Administrateur en chef de la santé publique du Canada. (2016). *État de santé des Canadiens 2016 : Rapport de l'administrateur en chef de la santé publique*. Agence de la santé publique du Canada. Consulté sur le site : <<https://www.canada.ca/fr/sante-publique/organisation/publications/rapport-administrateur-en-chef-sante-publique-sur-etat-sante-publique-au-canada/2016-etat-sante-canadiens.html>>
- Agence de la santé publique du Canada (ASPC). (2019). *Infobase de la santé publique*. Consulté sur le site <<https://sante-infobase.canada.ca/>>
- Agence de la santé publique du Canada (ASPC). (2020a) *Personnes susceptibles de présenter une forme grave de la maladie ou des complications si elles contractent la COVID-19*. Consulté sur le site : <<https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/maladies-et-affections/personnes-susceptibles-gravement-malades-contractent-covid-19.html>>
- Agence de la santé publique du Canada (ASPC). (2020b). *Mise à jour épidémiologique hebdomadaire sur la COVID-19 au Canada (2 Août au 8 Août 2020)*. Consulté sur le site : <<https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/maladie-coronavirus-covid-19/recherches-donnees-epidemiologiques-economiques.html>>
- Agence spatiale canadienne. (2016). Détection à grande échelle des risques de glissement de terrain. Consulté sur le site : <<https://www.asc-csa.gc.ca/fra/blogue/2016/11/24/detection-a-grande-echelle-des-risques-de-glissement-de-terrain.asp>>
- Agriculture et Agroalimentaire Canada (2021). Outil de surveillance des sécheresses au Canada. Consulté sur le site : <<https://agriculture.canada.ca/fr/outil-surveillance-secheresses-au-canada>>
- Agyapong, V. I. O., Hrabok, M., Juhas, M., Omeje, J., Denga, E., Nwaka, B., Akinjise, I., Corbett, S. E., Moosavi, S., Brown, M., Chue, P., Greenshaw, A. J., et Li, X.-M. (2018). Prevalence rates and predictors of generalized anxiety disorder symptoms in residents of Fort McMurray six months after a wildfire. *Frontiers in Psychiatry*, 9, 345. <<https://doi.org/10.3389/fpsy.2018.00345>>
- AirNow. (2021). *AirNow*. Consulté sur le site : <<https://airnow.gov/>>
- Alberini, A., Gans, W., Alhassan, M. (2011). Individual and public-program adaptation : Coping with heat waves in five cities in Canada. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(12), 4679-4701. <<https://doi.org/10.3390/ijerph8124679>>
- Alberta Health Service. (2020). *Use of Portable Bedside Fans and Air Conditioners in Healthcare during the COVID-19 Pandemic*. Infection and Prevention Control Continuing Care Working Group. Consulté sur le site : <<https://www.albertahealthservices.ca/assets/healthinfo/ipc/if-hp-ipc-info-sheet-portable-fans.pdf>>
- Albert-Green, A., Dean, C. B., Martell, D. L., et Woolford, D. G. (2013). A methodology for investigating trends in changes in the timing of the fire season with applications to lightning-caused forest fires in Alberta and Ontario, Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 43(1), 39-45. <<https://doi.org/10.1139/cjfr-2011-0432>>
- 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>>

- Ali, A. M., et Willett, K. (2015). What is the effect of the weather on trauma workload? A systematic review of the literature. *Injury*, 46(6), 945-953. <<https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.03.016>>
- Allard, M., Lemay, M., Barrette, C., L'Hérault, E., Sarrazin, D., Bell, T., et Doré, G. (2012). Permafrost and climate change in Nunavik and Nunatsiavut : Importance for municipal and transportation infrastructures. In M. Allard, et M. Lemay (Eds.), *Nunavik and Nunatsiavut: From science to policy. An Integrated Regional Impact Study (IRIS) of climate change and modernization*, 171197. Quebec City, QC.
- Almendra, R., Santana, P., et Vasconcelos, J. (2017). Evidence of social deprivation on the spatial patterns of excess winter mortality. *International Journal of Public Health*, 62(8), 849-856.
- Andrey, J. (2010). Long-term trends in weather-related crash risks. *Journal of Transport Geography*, 18(2), 247-258. <<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.05.002>>
- Arbuthnott, K., Hajat, S., Heaviside, C., et Vardoulakis, S. (2016). Changes in population susceptibility to heat and cold over time : Assessing adaptation to climate change. *Environmental Health*, 15(1), S33.
- ArcticNet. (2021). ArcticNet. Consulté sur le site: <<https://arcticnet.ulaval.ca/fr/>>
- Askew, A. E., et Bowker, J. M. (2018). Impacts of climate change on outdoor recreation participation : Outlook to 2060. *Journal of Park et Recreation Administration*, 36(2), 97-120.
- Astell-Burt, T., Feng, X., et Kolt, G. S. (2014). Neighbourhood green space and the odds of having skin cancer : Multilevel evidence of survey data from 267072 Australians. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 68(4), 370-374. <<https://doi.org/10.1136/jech-2013-203043>>
- Audinet, P., Amado, J.-C., et Rabb, B. (2014). Climate risk management approaches in the electricity sector : Lessons from early adapters. In A. Troccoli, L. Dubus, et S. E. Haupt (Eds.), *Weather Matters for Energy* (p. 1764). New York, NY: Springer. <[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9221-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9221-4_2)>
- Auger, N., Bilodeau-Bertrand, M., Labesse, M. E., et Kosatsky, T. (2017a). Association of elevated ambient temperature with death from cocaine overdose. *Drug and Alcohol Dependence*, 178, 101-105. <<https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2017.04.019>>
- Auger, N., Fraser, W. D., Arbour, L., Bilodeau-Bertrand, M., et Kosatsky, T. (2017b). Elevated ambient temperatures and risk of neural tube defects. *Occupational and Environmental Medicine*, 74(5), 315-320. <<https://doi.org/10.1136/oemed-2016-103956>>
- Auger, N., Fraser, W. D., Sauvé, R., Bilodeau-Bertrand, M., et Kosatsky, T. (2017c). Risk of congenital heart defects after ambient heat exposure early in pregnancy. *Environmental Health Perspectives*, 125(1), 814. <<https://doi.org/10.1289/EHP171>>
- Auger, N., Fraser, W. D., Smargiassi, A., Bilodeau-Bertrand, M., et Kosatsky, T. (2017d). Elevated outdoor temperatures and risk of stillbirth. *International Journal of Epidemiology*, 46(1), 200-208. <<https://doi.org/10.1093/ije/dyw077>>
- Auger, N., Fraser, W. D., Smargiassi, A., et Kosatsky, T. (2015). Ambient heat and sudden infant death : A case-crossover study spanning 30 years in Montreal, Canada. *Environmental Health Perspectives*, 123(7), 712-716. <<https://doi.org/10.1289/ehp.1307960>>
- Auger, N., Naimi, A. I., Smargiassi, A., Lo, E., et Kosatsky, T. (2014). Extreme heat and risk of early delivery among preterm and term pregnancies. *Epidemiology*, 25(3), 344. <<https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000074>>
- Auger, N., Potter, B. J., Smargiassi, A., Bilodeau-Bertrand, M., Paris, C., et Kosatsky, T. (2017e). Association between quantity and duration of snowfall and risk of myocardial infarction. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal*, 189(6), E235-E242. <<https://doi.org/10.1503/cmaj.161064>>
- Auger, N., Rhéaume, M.-A., Bilodeau-Bertrand, M., Tang, T., et Kosatsky, T. (2017f). Climate and the eye : Case-crossover analysis of retinal detachment after exposure to ambient heat. *Environmental Research*, 157, 103-109. <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.017>>
- Austin, S. E., Ford, J. D., Berrang-Ford, L., Araos, M., Parker, S., et Fleury, M. D. (2015). Public health adaptation to climate change in Canadian jurisdictions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(1), 623-651. <<https://doi.org/10.3390/ijerph120100623>>
- Avalanche Canada. (2018). 2017-2018 Annual report. Consulté sur le site: <[https://issuu.com/avalanche.ca/docs/ac\\_2018\\_annual\\_reportissuu](https://issuu.com/avalanche.ca/docs/ac_2018_annual_reportissuu)>
- 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>>
- Baert, V., Gorus, E., Mets, T., Geerts, C., et Bautmans, I. (2011). Motivators and barriers for physical activity in the oldest old : A systematic review. *Ageing Research Reviews*, 10(4), 464-474. <<https://doi.org/10.1016/j.arr.2011.04.001>>
- Bai, L., Li, Q., Wang, J., Lavigne, É., Gasparrini, A., Copes, R., Yagouti, A., Burnett, R. T., Goldberg, M. S. et Cakmak, S. (2017). Increased coronary heart disease and stroke hospitalisations from ambient temperatures in Ontario. *Heart*, 104(8), 673-679.
- Bai, L., Li, Q., Wang, J., Lavigne, E., Gasparrini, A., Copes, R., Yagouti, A., Burnett, R. T., Goldberg, M. S., Villeneuve, P. J., Cakmak, S., et Chen, H. (2016). Hospitalizations from hypertensive diseases, diabetes, and arrhythmia in relation to low and high temperatures : Population-based study. *Scientific Reports*, 6, 30283. <<https://doi.org/10.1038/srep30283>>



- Bais, A. F., Lucas, R. M., Bornman, J. F., Williamson, C. E., Sulzberger, B., Austin, A. T., Wilson, S. R., Andrad, A. L., Bernhard, G., et McKenzie, R. L. (2018). Environmental effects of ozone depletion, UV radiation and interactions with climate change : UNEP Environmental Effects Assessment Panel, update 2017. *Photochemical et Photobiological Sciences*, 17(2), 127-179.
- Bais, A. F., McKenzie, R., Bernhard, G., Aucamp, P., Ilyas, M., Madronich, S., et Tourpali, K. (2015). Ozone depletion and climate change : Impacts on UV radiation. *Photochemical et Photobiological Sciences*, 14(1), 1952.
- Baldwin, J. W., Dessy, J. B., Vecchi, G. A., et Oppenheimer, M. (2019). Temporally compound heat wave events and global warming: An emerging hazard. *Earth's Future*, 7(4), 411-427.
- Barn, P. (2014). *Evidence review: Home and community clean air shelters to protect public health during wildfire smoke events* (C. Elliott, et K. Rideout, eds). BC Centre for Disease Control.
- Barnett, A. G., Tong, S., et Clements, A. (2010). What measure of temperature is the best predictor of mortality? *Environmental research*, 110(6), 604-611. <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.05.006>>
- Barreca, A. I. (2012). Climate change, humidity, and mortality in the United States. *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(1), 19-34. <<https://doi.org/10.1016/j.jeem.2011.07.004>>
- Bartholdson, S., et von Schreeb, J. (2018). Natural Disasters and Injuries: What Does a Surgeon Need to Know? *Current Trauma Reports*, 4(2), 103-108. <<https://doi.org/10.1007/s40719-018-0125-3>>
- Basu, R., Pearson, D., Malig, B., Broadwin, R., et Green, R. (2012). The effect of high ambient temperature on emergency room visits. *Epidemiology*, 23(6), 813. <<https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e31826b7f97>>
- Bayentin, L., El Adlouni, S., Ouarda, T. B., Gosselin, P., Doyon, B., et Chebana, F. (2010). Spatial variability of climate effects on ischemic heart disease hospitalization rates for the period 1989-2006 in Quebec, Canada. *International Journal of Health Geographics*, 9, 5. <<https://doi.org/10.1186/1476-072X-9-5>>
- Bayntun, C., Rockenschaub, G., et Murray, V. (2012). Developing a health system approach to disaster management: A qualitative analysis of the core literature to complement the WHO Toolkit for assessing health-system capacity for crisis management. *PLoS Currents*, 4, e5028b6037259a. <<https://doi.org/10.1371/5028b6037259a>>
- BC Centre for Disease Control (BC CDC). (2020). *Warm weather safety in a time of COVID-19*. Consulté sur le site: <<http://www.bccdc.ca/about/news-stories/stories/2020/warm-weather-safety-in-a-time-of-covid-19>>
- Beaudoin, M., et Gosselin, P. (2016). An effective public health program to reduce urban heat islands in Québec, Canada. *Revista Panamericana de Salud Publica = Pan American Journal of Public Health*, 40(3), 160-166.
- Beaudoin, M., et Levasseur, M.-È. (2017). *Verdir les villes pour la santé de la population*. Institut national de santé publique du Québec.
- Beelen, R., Raaschou-Nielsen, O., Stafoggia, M., Andersen, Z. J., Weinmayr, G., Hoffmann, B., Wolf, K., Samoli, E., Fischer, P., Nieuwenhuijsen, M., Vineis, P., Xun, W. W., Katsouyanni, K., Dimakopoulou, K., Oudin, A., Forsberg, B., Modig, L., Havulinna, A. S., Lanki, T., ... Hoek, G. (2014). Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality : An analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *The Lancet*, 383(9919), 785-795. <[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)62158-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)62158-3)>
- Bélanger, D., Abdous, B., Valois, P., Gosselin, P., et Sidi, E. (2016). A multilevel analysis to explain self-reported adverse health effects and adaptation to urban heat: a cross-sectional survey in the deprived areas of 9 Canadian cities. *BMC public health*, 16, 144. <<https://doi.org/10.1186/s12889-016-2749-y>>
- Bélanger, D., Gosselin, P., Valois, P., et Abdous, B. (2014). Perceived adverse health effects of heat and their determinants in deprived neighbourhoods : A cross-sectional survey of nine cities in Canada. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(11), 11028-11053. <<https://doi.org/10.3390/ijerph111111028>>
- Bélanger, D., Gosselin, P., Valois, P., et Abdous, B. (2015). *Caractéristiques et perceptions du quartier et du logement associées aux impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été dans les secteurs urbains les plus défavorisés : Étude transversale dans 9 villes du Québec*. INRS, Institut National de Santé Publique, et Centre Eau Terre Environnement.
- Bélanger, D., Gosselin, P., Bustinza, R., et Campagna, C. (2019). *Changements climatiques et santé : prévenir, soigner et s'adapter*. Québec, QC: Presses de l'Université Laval.
- Bell, S. A., Abir, M., Choi, H., Cooke, C., et Iwashyna, T. (2018). All-cause hospital admissions among older adults after a natural disaster. *Annals of Emergency Medicine*, 71(6), 746-754.
- Bellaire, S., Jamieson, B., Thumlert, S., Goodrich, J., et Statham, G. (2016). Analysis of long-term weather, snow and avalanche data at Glacier National Park, B.C., Canada. *Cold Regions Science and Technology*, 121, 118-125. <<https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2015.10.010>>
- Benedetti, J. (2019). *Coups de soleil*. Manuel Merck. Consulté sur le site : <<https://www.merckmanuals.com/>>

- Benmarhnia, T., Bailey, Z., Kaiser, D., Auger, N., King, N., et Kaufman, J. S. (2016). A difference-in-differences approach to assess the effect of a heat action plan on heat-related mortality, and differences in effectiveness according to sex, age, and socioeconomic status (Montreal, Quebec). *Environmental Health Perspectives*, 124(11), 1694-1699. <<https://doi.org/10.1289/EHP203>>
- Benmarhnia, T., Deguen, S., Kaufman, J. S., et Smargiassi, A. (2015). Review article : Vulnerability to heat-related mortality - a systematic review, meta-analysis, and meta-regression analysis. *Epidemiology*, 26(6), 781. <<https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000375>>
- Berardi, U., et Jafarpur, P. (2020). Assessing the impact of climate change on building heating and cooling energy demand in Canada. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 121, 109681. <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109681>>
- Berlin, C., Techel, F., Moor, B. K., Zwahlen, M., Hasler, R. M., et Swiss National Cohort study group. (2019). Snow avalanche deaths in Switzerland from 1995 to 2014—Results of a nationwide linkage study. *PLoS One*, 14(12), e0225735.
- Berman, J. D., Ebisu, K., Peng, R. D., Dominici, F., et Bell, M. L. (2017). Drought and the risk of hospital admissions and mortality in older adults in western USA from 2000 to 2013 : A retrospective study. *The Lancet Planetary Health*, 1(1), e17-e25. <[https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30002-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30002-5)>
- Bernatchez, P., Dugas, S., Fraser, C., et Da Silva, L. (2015). Évaluation économique des impacts potentiels de l'érosion des côtes du Québec maritime dans un contexte de changements climatiques. Ouranos. <[https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportBernatchez2015\\_FR.pdf](https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportBernatchez2015_FR.pdf)>
- Berrang-Ford, L., Biesbroek, R., Ford, J. D., Lesnikowski, A., Tanabe, A., Wang, F. M., Chen, C., Hsu, A., Hellmann, J. J., Pringle, P., Grecequet, M., Amado, J. C., Huq, S., Lwasa, S., et Heymann, S. J. (2019). Tracking global climate change adaptation among governments. *Nature Climate Change*, 9(6), 440-449.
- Berry, H. L., Hogan, A., Owen, J., Rickwood, D., et Fragar, L. (2011). Climate change and farmers' mental health : Risks and responses. *Asia Pacific Journal of Public Health*, 23(2 Suppl), 119S-132S. <<https://doi.org/10.1177/1010539510392556>>
- Berteaux, D., Gauthier, G., Domine, F., Ims, R. A., Lamoureux, S. F., Lévesque, E., et Yoccoz, N. (2016). Effects of changing permafrost and snow conditions on tundra wildlife: critical places and times. *Arctic Science*, 3(2), 65-90. <<https://doi.org/10.1016/j.etap.2017.08.022>>
- Black, C., Tesfaigzi, Y., Bassein, J. A., et Miller, L. A. (2017). Wildfire smoke exposure and human health : Significant gaps in research for a growing public health issue. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 55, 186-195. <<https://doi.org/10.1016/j.etap.2017.08.022>>
- Blais-Stevens, A., Behnia, P., et Castagner, A. (2018). *Glissements de terrain historiques qui ont causé des décès au Canada (1771-2018)*. Commission géologique du Canada.
- Bobb, J. F., Peng, R. D., Bell, M. L., et Dominici, F. (2014). Heat-related mortality and adaptation to heat in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 122(8), 811-816.
- Boeckmann, M., et Rohn, I. (2014). Is planned adaptation to heat reducing heat-related mortality and illness? A systematic review. *BMC Public Health*, 14, 1112. <<https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-1112>>
- Bolitho, A., et Miller, F. (2017). Heat as emergency, heat as chronic stress : Policy and institutional responses to vulnerability to extreme heat. *Local Environment*, 22(6), 682-698.
- Bonaiuto, M., Alves, S., De Dominicis, S., et Petruccioli, I. (2016). Place attachment and natural hazard risk : Research review and agenda. *Journal of Environmental Psychology*, 48, 33-53.
- Bonsal, B.R., D.L. Peters, F. Seglenieks, A. Rivera et A. Berg. (2019). Évolution de la disponibilité de l'eau douce au Canada, chapitre 6 du Rapport sur le climat changeant du Canada, E. Bush et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada. Ottawa(Ontario), 2, p. 262-342
- Bonsal, B. R., Wheaton, E. E., Chipanshi, A. C., Lin, C., Sauchyn, D. J., et Wen, L. (2011). *Drought research in Canada : A review*. *Atmosphere-Ocean*, 49(4), 303-319. <<https://doi.org/10.1080/07055900.2011.555103>>
- Botzen, W. J. W., Aerts, J. C. J. H., et van den Bergh, J. C. J. M. (2009). Willingness of homeowners to mitigate climate risk through insurance. *Ecological Economics*, 68(8), 2265-2277. <<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.02.019>>
- Boyd, J., Haegeli, P., Abu-Laban, R. B., Shuster, M., et Butt, J. C. (2009). Patterns of death among avalanche fatalities : A 21-year review. *Canadian Medical Association Journal*, 180(5), 507-512. <<https://doi.org/10.1503/cmaj.081327>>
- Boyer, T. A., Melstrom, R. T., et Sanders, L. D. (2017). Effects of climate variation and water levels on reservoir recreation. *Lake and Reservoir Management*, 33(3), 223-233. <<https://doi.org/10.1080/10402381.2017.1285375>>
- Bränström, R., Kasparian, N. A., Chang, Y., Affleck, P., Tibben, A., Aspinwall, L. G., Azizi, E., Baron-Epel, O., Battistuzzi, L., Bergman, W., Bruno, W., Chan, M., Cuellar, F., Dębniak, T., Pjanova, D., Ertmański, S., Figl, A., Gonzalez, M., Hayward, N. K., ... Brandberg, Y. (2010). Predictors of sun protection behaviors and severe sunburn in an international online study. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers*, 19(9), 2199-2210. <<https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-10-0196>>
- Brimelow, J. C., Burrows, W. R., et Hanesiak, J. M. (2017). The changing hail threat over North America in response to anthropogenic climate change. *Nature Climate Change*, 7(7), 516-522.

- Brown, L., et Murray, V. (2013). Examining the relationship between infectious diseases and flooding in Europe. *Disaster Health*, 1(2), 117-127. <<https://doi.org/10.4161/dish.25216>>
- Brown, M., Agyapong, V., Greenshaw, A. J., Cribben, I., Brett-MacLean, P., Drolet, J., McDonald-Harker, C., Omeje, J., Mankowski, M., Noble, S., Kitching, D., et Silverstone, P. H. (2019). After the Fort McMurray wildfire there are significant increases in mental health symptoms in grade 7-12 students compared to controls. *BMC Psychiatry*, 19(1), 18. <<https://doi.org/10.1186/s12888-018-2007-1>>
- Bruce, M., Zulz, T., et Koch, A. (2016). Surveillance of infectious diseases in the Arctic. *Public health*, 137, 512.
- Bubeck, P., Botzen, W. J., et Aerts, J. C. (2012). A review of risk perceptions and other factors that influence flood mitigation behavior. *Risk Analysis: An International Journal*, 32(9), 1481-1495.
- Bunker, A., Wildenhain, J., Vandenberg, A., Henschke, N., Rocklöv, J., Hajat, S., et Sauerborn, R. (2016). Effects of air temperature on climate-sensitive mortality and morbidity outcomes in the elderly; a systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. *EBioMedicine*, 6, 258-268. <<https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.02.034>>
- Bureau du vérificateur général du Canada. (2018). *Perspectives sur l'action contre les changements climatiques au Canada – Rapport collaboratif de vérificateurs généraux*. Commissaire à l'environnement et au développement durable du Bureau du vérificateur général du Canada, et les vérificateurs généraux des provinces et territoires. <[https://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl\\_otp\\_201803\\_f\\_42883.html](https://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_otp_201803_f_42883.html)>
- Burnett, M. E., et Wang, S. Q. (2011). Current sunscreen controversies : A critical review. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 27(2), 58-67. <<https://doi.org/10.1111/j.1600-0781.2011.00557.x>>
- Burton, H., Rabito, F., Danielson, L., et Takaro, T. K. (2016). Health effects of flooding in Canada : A 2015 review and description of gaps in research. *Canadian Water Resources Journal = Revue canadienne des ressources hydriques*, 41(12), 238-249. <<https://doi.org/10.1080/07011784.2015.1128854>>
- Bush, E. et Lemmen, D.S., éditeurs. (2019). Rapport sur le climat changeant du Canada. Environnement et Changement climatique Canada. Gouvernement du Canada. <<https://changingclimate.ca/CCC2019/fr/>>
- Bustanza, R. (2020). *COVID-19 : Adaptation des recommandations de santé publique lors de chaleur extrême conformément aux recommandations de distanciation physique*. INSPQ. <<https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/covid/3024-chaleur-extreme-recommandations-distanciation-physique-covid19.pdf>>
- Bustanza, R., Lebe, I. G., Gosselin, P., Bélanger, D., et Chebana, F. (2013). Health impacts of the July 2010 heat wave in Québec, Canada. *BMC Public Health*, 13, 56. <<https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-56>>
- Buters, J. T. M., Antunes, C., Galveias, A., Bergmann, K. C., Thibaudon, M., Galán, C., Schmidt-Weber, C., et Oteros, J. (2018). Pollen and spore monitoring in the world. *Clinical and Translational Allergy*, 8(1), 9. <<https://doi.org/10.1186/s13601-018-0197-8>>
- Cabrera, S. E., Mindell, J. S., Toledo, M., Alvo, M., et Ferro, C. J. (2016). Associations of Blood Pressure With Geographical Latitude, Solar Radiation, and Ambient Temperature : Results From the Chilean Health Survey, 2009–2010. *American Journal of Epidemiology*, 183(11), 1071-1073. <<https://doi.org/10.1093/aje/kww037>>
- Calmels, F., Doré, G., Kong, X., et Roy, L. P. (2016). *Vulnerability of the north Alaska Highway to permafrost thaw : Design options and climate change adaptation*. Whitehorse, YT: Northern Climate Exchange, Yukon Research Centre.
- Cann, K., Thomas, D. R., Salmon, R., Wyn-Jones, A., et Kay, D. (2013). Extreme water-related weather events and waterborne disease. *Epidemiology et Infection*, 141(4), 671-686.
- Canuel, M., Gosselin, P., Duhoux, A., Brunet, A. et Lesage, A. (2019). *Système de surveillance et de prévention des impacts sanitaires des événements météorologiques extrêmes (SUPREME)*. Boîte à outils pour la surveillance post-sinistre des impacts sur la santé mentale. Institut national de santé publique du Québec. Consulté sur le site : <<https://www.inspq.qc.ca/publications/2523>>
- Carnie, T.-L., Berry, H. L., Blinkhorn, S. A., et Hart, C. R. (2011). In their own words : Young people's mental health in drought-affected rural and remote NSW. *Australian Journal of Rural Health*, 19(5), 244-248. <<https://doi.org/10.1111/j.1440-1584.2011.01224.x>>
- Cascio, W. E. (2018). Wildland fire smoke and human health. *Science of the Total Environment*, 624, 586-595. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.086>>
- Cassell, K., Gacek, P., Warren, J. L., Raymond, P. A., Cartter, M., et Weinberger, D. M. (2018). Association Between Sporadic Legionellosis and River Systems in Connecticut. *The Journal of Infectious Diseases*, 217(2), 179-187. <<https://doi.org/10.1093/infdis/jix531>>
- Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail. (2017). *Conditions de température-Législation*. Consulté sur le site : <[https://www.cchst.ca/oshanswers/phys\\_agents/temp-legislation.html](https://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/temp-legislation.html)>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2020). *COVID-19 and cooling centers*. Consulté sur le site : <<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/php/cooling-center.html>>
- Chae, B.-G., Park, H.-J., Catani, F., Simoni, A., et Berti, M. (2017). Landslide prediction, monitoring and early warning : A concise review of state-of-the-art. *Geosciences Journal*, 21(6), 1033-1070. <<https://doi.org/10.1007/s12303-017-0034-4>>



- Chan, C. B., Ryan, D. A., et Tudor-Locke, C. (2006). Relationship between objective measures of physical activity and weather : A longitudinal study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 3(1), 21. <<https://doi.org/10.1186/1479-5868-3-21>>
- Chapra, S. C., Boehlert, B., Fant, C., Bierman, V. J., Henderson, J., Mills, D., Mas, D. M. L., Rennels, L., Jantarasami, L., Martinich, J., Strzepek, K. M., et Paerl, H. W. (2017). Climate change impacts on harmful algal blooms in US freshwaters : A screening-level assessment. *Environmental Science et Technology*, 51(16), 8933-8943. <<https://doi.org/10.1021/acs.est.7b01498>>
- Charrois, J. W. (2010). Private drinking water supplies : Challenges for public health. *Canadian Medical Association Journal*, 182(10), 1061-1064.
- Chen, H., Wang, J., Li, Q., Yagouti, A., Lavigne, E., Foty, R., Burnett, R. T., Villeneuve, P. J., Cakmak, S., et Copes, R. (2016). Assessment of the effect of cold and hot temperatures on mortality in Ontario, Canada : A population-based study. *CMAJ Open*, 4(1), E48-E58. <<https://doi.org/10.9778/cmajo.20150111>>
- Chen, J., Anderson, K., Pavlovic, R., Moran, M. D., Englefield, P., Thompson, D. K., Munoz-Alpizar, R., Landry, H. (2019). The FireWork v2. 0 air quality forecast system with biomass burning emissions from the Canadian Forest Fire Emissions Prediction System v2.03. *Geoscientific Model Development*, 12(7), 3283-310. <<https://doi.org/10.5194/gmd-12-3283-2019>>
- Cheng, J., Xu, Z., Zhu, R., Wang, X., Jin, L., Song, J., et Su, H. (2014). Impact of diurnal temperature range on human health : A systematic review. *International Journal of Biometeorology*, 58(9), 2011-2024.
- Cherry, N., et Haynes, W. (2017). Effects of the Fort McMurray wildfires on the health of evacuated workers : Follow-up of 2 cohorts. *CMAJ Open*, 5(3), E638-E645. <<https://doi.org/10.9778/cmajo.20170047>>
- 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>>
- Chouinard, O., Plante, S., et Martin, G. (2008). The community engagement process : A governance approach in adaptation to coastal erosion and flooding in Atlantic Canada. *Canadian Journal of Regional Science*, 31(3), 507-520.
- Chu, A., Han, L., Roifman, I., Lee, D. S., Green, M. E., Jacklin, K., Walker, J., Sutherland, R., Khan, S., Frymire, E. et Tu, J. V. (2019). Trends in cardiovascular care and event rates among First Nations and other people with diabetes in Ontario, Canada, 1996–2015. *CMAJ*, 191(47), E1291-E1298.
- Circé, M., Da Silva, L., Boyer-Villemaire, U., Duff, G., Desjarlais, C., et Morneau, F. (2016). *Analyse coûts-avantages des options d'adaptation en zone côtière au Québec*. Ouranos.
- Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux (CIUSSS) du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal. (2017). *Le Directeur de santé publique de Montréal présente les principaux constats de l'enquête réalisée auprès des victimes des inondations*. Consulté sur le site : <<https://santemontreal.qc.ca/population/actualites/nouvelle/le-directeur-de-sante-publique-de-montreal-presente-les-principaux-constats-de-lenquete-sant/>>
- Clark, D. G., Ford, J. D., Berrang-Ford, L., Pearce, T., Kowal, S., et Gough, W. A. (2016a). The role of environmental factors in search and rescue incidents in Nunavut, Canada. *Public Health*, 137, 44-49. <<https://doi.org/10.1016/j.puhe.2016.06.003>>
- Clark, D. G., Ford, J. D., Pearce, T., et Berrang-Ford, L. (2016b). Vulnerability to unintentional injuries associated with land-use activities and search and rescue in Nunavut, Canada. *Social Science et Medicine*, 169, 18-26. <<https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2016.09.026>>
- Comité consultatif sur l'itinérance. (2018). *Rapport final du Comité consultatif sur l'itinérance sur la Stratégie des partenariats de lutte contre l'itinérance*. Emploi et Développement social Canada.
- Commission de la santé mentale du Canada (2014). *Portrait des données relatives à la santé mentale au Canada : Contexte, besoins et lacunes*, Calgary (Alberta). Consulté sur le site : <[https://www.mentalhealthcommission.ca/wp-content/uploads/drupal/2018-11/Overview\\_of\\_Mental\\_Health\\_Data\\_in\\_Canada\\_fr.pdf](https://www.mentalhealthcommission.ca/wp-content/uploads/drupal/2018-11/Overview_of_Mental_Health_Data_in_Canada_fr.pdf)>
- Conlon, K. C., Rajkovich, N. B., White-Newsome, J. L., Larsen, L., et Neill, M. S. O. (2011). Preventing cold-related morbidity and mortality in a changing climate. *Maturitas*, 69(3), 197-202. <<https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2011.04.004>>
- Conservation Ontario. (2010). *Overview of Integrated Watershed Management in Ontario*. Consulté sur le site : <[https://conservationontario.ca/fileadmin/pdf/policy-priorities\\_section/IWM\\_OverviewIWM\\_PP.pdf](https://conservationontario.ca/fileadmin/pdf/policy-priorities_section/IWM_OverviewIWM_PP.pdf)>
- Conway, T., et Scott, J. L. (2020). *Urban Forests in a Changing Climate*. The Greenbelt Foundation. Consulté sur le site : <[https://d3n8a8pro7vhm.cloudfront.net/greenbelt/pages/14604/attachments/original/1600457503/UrbanForestsChangingClimate\\_REPORT\\_E-ver\\_REV.pdf?1600457503](https://d3n8a8pro7vhm.cloudfront.net/greenbelt/pages/14604/attachments/original/1600457503/UrbanForestsChangingClimate_REPORT_E-ver_REV.pdf?1600457503)>
- Correia, A., Azevedo, M., Gondim, F., et Bandeira, F. (2014). Ethnic aspects of vitamin D deficiency. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, 58(5), 540–544. <<https://doi.org/10.1590/0004-2730000003320>>
- Crnek-Georgeson, K. T., Wilson, L. A., et Page, A. (2017). Factors influencing suicide in older rural males : A review of Australian studies. *Rural et Remote Health*, 17(4), 1-11.



- Croix-Rouge Canadienne (CRC) (2020a). *Interventions majeures au Québec*. Consulté sur le site : <<https://www.croixrouge.ca/dans-votre-collectivite/quebec/interventions-majeures>>
- Croix-Rouge Canadienne (CRC). (2020b). *Alberta- Interventions Majeures*. Consulté sur le site : <<https://www.redcross.ca/in-your-community/alberta/alberta-major-disaster-responses>>.
- Crouse, D. L., Pinault, L., Balram, A., Hystad, P., Peters, P. A., Chen, H., van Donkelaar, A., Martin, R. V., Ménard, R., Robichaud, A., et Villeneuve, P. J. (2017). Urban greenness and mortality in Canada's largest cities : A national cohort study. *The Lancet Planetary Health*, 1(7), e289-e297. <[https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30118-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30118-3)>
- Cunsolo Willox, A., Stephenson, E., Allen, J., Bourque, F., Drossos, A., Elgarøy, S., Kral, M. J., Mauro, I., Moses, J., Pearce, T., MacDonald, J. P., et Wexler, L. (2015). Examining relationships between climate change and mental health in the Circumpolar North. *Regional Environmental Change*, 15(1), 169-82.
- Curtis, S., Fair, A., Wistow, J., Val, D. V., et Oven, K. (2017). Impact of extreme weather events and climate change for health and social care systems. *Environmental Health*, 16(1), 128.
- Cusack, L., van Loon, A., Kralik, D., Arbon, P., et Gilbert, S. (2013). Extreme weather-related health needs of people who are homeless. *Australian Journal of Primary Health*, 19(3), 250-255. <<https://doi.org/10.1071/PY12048>>
- Dadlani, C., et Orlow, S. J. (2008). Planning for a brighter future : A review of sun protection and barriers to behavioral change in children and adolescents. *Dermatology Online Journal*, 14(9). <<https://escholarship.org/uc/item/6vs1r0r9>>
- D'Amato, G., Cecchi, L., et Annesi-Maesano, I. (2012). A trans-disciplinary overview of case reports of thunderstorm-related asthma outbreaks and relapse. *European Respiratory Review*, 21(124), 82-87. <<https://doi.org/10.1183/09059180.00001712>>
- Daignault, P., Boivin, M., et Champagne St-Arnaud, V. (2018). Communiquer l'action en changements climatiques au Québec: une étude de segmentation. *Vertigo: la revue électronique en sciences de l'environnement*, 18(3). <<https://www.erudit.org/en/journals/vertigo/1900-v1-n1-vertigo04929/1065313ar/abstract/>>
- Dancause, K. N., Laplante, D. P., Hart, K. J., O'Hara, M. W., Elgbeili, G., Brunet, A., et King, S. (2015). Prenatal stress due to a natural disaster predicts adiposity in childhood : The Iowa Flood Study. *Journal of Obesity*, 2015, 570541-570541. <<https://doi.org/10.1155/2015/570541>>
- Darques, R. (2015). Mediterranean cities under fire. A critical approach to the wildland–urban interface. *Applied Geography*, 59, 10-21.
- Davis, R. E., McGregor, G. R., et Enfield, K. B. (2016). Humidity : A review and primer on atmospheric moisture and human health. *Environmental Research*, 144, 106-116. <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.10.014>>
- Dean, J. G., et Stain, H. J. (2010). Mental health impact for adolescents living with prolonged drought. *Australian Journal of Rural Health*, 18(1), 32-37.
- Decent, D. (2018). *The mental and physical human health impacts of residential basement Flooding and associated financial costs : Interviews with households in Southern Ontario, Canada*. UWSpace. Consulté sur le site: <<http://hdl.handle.net/10012/13366>>
- Delic, N. C., Lyons, J. G., Di Girolamo, N., et Halliday, G. M. (2017). Damaging Effects of Ultraviolet Radiation on the Cornea. *Photochemistry and Photobiology*, 93(4), 920-929. <<https://doi.org/10.1111/php.12686>>
- de Munck, C., Pigeon, G., Masson, V., Meunier, F., Bousquet, P., Tréméac, B., Merchat, M., Poeuf, P., et Marchadier, C. (2013). How much can air conditioning increase air temperatures for a city like Paris, France? *International Journal of Climatology*, 33(1), 210-227. <<https://doi.org/10.1002/joc.3415>>
- Derksen, C., D. Burgess, C. Duguay, S. Howell, L. Mudryk, S. Smith, C. Thackeray et M. Kirchmeier-Young. « Évolution de la neige, de la glace et du pergélisol à l'échelle du Canada », chapitre 5 du Rapport sur le climat changeant du Canada, E. Bush et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa( Ontario), 2019, p. 195-260.
- Diaz, H., Hurlbert, M., et Warren, J. (2016). *Vulnerability and adaptation to drought : The Canadian Prairies and South America*. University of Calgary.
- Dix-Cooper, L., Johnston, F., Hasselback, P., et Rideout, K. (2014). *Evidence review : Reducing time outdoors during wildfire smoke events : Advice to stay indoors, advice to reduce outdoor physical activity and cancelling*. BC Centre for Disease Control.
- Dixon, S. J., Sear, D. A., Odoni, N. A., Sykes, T., et Lane, S. N. (2016). The effects of river restoration on catchment scale flood risk and flood hydrology. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(7), 997-1008. <<https://doi.org/10.1002/esp.3919>>
- Dodd, W., Howard, C., Rose, C., Scott, C., Scott, P., Cunsolo, A., et Orbinski, J. (2018a). The summer of smoke : Ecosocial and health impacts of a record wildfire season in the Northwest Territories, Canada. *The Lancet Global Health*, 6, S30. <[https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30159-1](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30159-1)>
- Dodd, W., Scott, P., Howard, C., Scott, C., Rose, C., Cunsolo, A., et Orbinski, J. (2018b). Lived experience of a record wildfire season in the Northwest Territories, Canada. *Canadian Journal of Public Health = Revue Canadienne de Sante Publique*, 109(3), 327–337. <<https://doi.org/10.17269/s41997-018-0070-5>>
- Doede, A., et Davis, R. (2018). Use of airborne PM10 concentrations at air quality monitoring sites in Imperial County, California, as an indication of geographical influences on lung health during drought periods : A time-series analysis. *The Lancet Planetary Health*, 2, S10.



- Doré, G., Niu, F., et Brooks, H. (2016). Adaptation methods for transportation infrastructure built on degrading permafrost. *Permafrost and Periglacial Processes*, 27(4), 352-364. <<https://doi.org/10.1002/ppp.1919>>
- Doyon, B., Bélanger, D., et Gosselin, P. (2006). Effets du climat sur la mortalité au Québec méridional de 1981 à 1999 et simulations pour des scénarios climatiques futures. Institut national de santé publique Québec.
- Doyon, B., Belanger, D., et Gosselin, P. (2008). The potential impact of climate change on annual and seasonal mortality for three cities in Quebec, Canada. *International Journal of Health Geographics*, 7, 23. <<https://doi.org/10.1186/1476-072X-7-23>>
- Drejza, S., Friesinger, S., et Bernatchez, P. (2015). *Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques : Développement d'une approche et d'un indice pour quantifier la vulnérabilité des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques sur 9 sites témoins*. Volume III. Projet X008.1. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski.
- Du, W., FitzGerald, G. J., Clark, M., et Hou, X.-Y. (2010). Health impacts of floods. *Prehospital and Disaster Medicine*, 25(3), 265-272. <<https://doi.org/10.1017/S1049023X00008141>>
- Duchesne, A., Liu, A., Jones, S. L., Laplante, D. P., et King, S. (2017). Childhood body mass index at 5.5 years mediates the effect of prenatal maternal stress on daughters' age at menarche : Project Ice Storm. *Journal of Developmental Origins of Health and Disease*, 8(2), 168-177. <<https://doi.org/10.1017/S2040174416000726>>
- Durkalec, A., Furgal, C., Skinner, M. W., et Sheldon, T. (2014). Investigating Environmental Determinants of Injury and Trauma in the Canadian North. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(2), 1536-1548. <<https://doi.org/10.3390/ijerph110201536>>
- Durkalec, A., Furgal, C., Skinner, M. W., et Sheldon, T. (2015). Climate change influences on environment as a determinant of Indigenous health : Relationships to place, sea ice, and health in an Inuit community. *Social Science and Medicine*, 136, 17-26. <<https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2015.04.026>>
- Dykman, K. R. J. (2013). *Integrated watershed management planning in Manitoba : A platform for social learning* [Master's Thesis, University of Manitoba]. University of Manitoba. Consulté sur le site : <[https://mspace.lib.umanitoba.ca/bitstream/handle/1993/23231/dykman\\_kate.pdf?sequence=1&etisAllowed=y](https://mspace.lib.umanitoba.ca/bitstream/handle/1993/23231/dykman_kate.pdf?sequence=1&etisAllowed=y)>
- Edwards, B., Gray, M., et Hunter, B. (2015). The impact of drought on mental health in rural and regional Australia. *Social Indicators Research*, 121(1), 177-194.
- Enright, N. J., et Fontaine, J. B. (2014). Climate change and the management of fire-prone vegetation in southwest and southeast Australia. *Geographical Research*, 52(1), 34-44. <<https://doi.org/10.1111/1745-5871.12026>>
- Environnement et changement climatique Canada. (2019a). Cote air santé. Consulté sur le site : <<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/cote-air-sante.html>>
- Environnement et changement climatique Canada. (2019b). *Système de prévision de la fumée des feux de forêt pour le Canada (FireWork)*. Consulté sur le site : <<https://meteo.gc.ca/firework/>>
- Fann, N., Alman, B., Broome, R. A., Morgan, G. G., Johnston, F. H., Pouliot, G., et Rappold, A. G. (2018). The health impacts and economic value of wildland fire episodes in the U.S. : 2008–2012. *The Science of the Total Environment*, 610611, 802-809. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.024>>
- Farrugia, S., Hudson, M. D., et McCulloch, L. (2013). An evaluation of flood control and urban cooling ecosystem services delivered by urban green infrastructure. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services et Management*, 9(2), 136-145. <<https://doi.org/10.1080/21513732.2013.782342>>
- Fartasch, M., Diepgen, T. L., Schmitt, J., et Drexler, H. (2012). The relationship between occupational sun exposure and non-melanoma skin cancer : Clinical basics, epidemiology, occupational disease evaluation, and prevention. *Deutsches Ärzteblatt International*, 109(43), 715.
- Febriani, Y., Levallois, P., Gingras, S., Gosselin, P., Majowicz, S. E., et Fleury, M. D. (2010). The association between farming activities, precipitation, and the risk of acute gastrointestinal illness in rural municipalities of Quebec, Canada : A cross-sectional study. *BMC Public Health*, 10(1), 48. <<https://doi.org/10.1186/1471-2458-10-48>>
- Felix, E., Afifi, T., Kia-Keating, M., Brown, L., Afifi, W., et Reyes, G. (2015). Family functioning and posttraumatic growth among parents and youth following wildfire disasters. *American Journal of Orthopsychiatry*, 85(2), 191.
- Fernandes, P. M. (2013). Fire-smart management of forest landscapes in the Mediterranean basin under global change. *Landscape and Urban Planning*, 110, 175-182. <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.014>>
- Fernandez, A., Black, J., Jones, M., Wilson, L., Salvador-Carulla, L., Astell-Burt, T., et Black, D. (2015). Flooding and mental health : A systematic mapping review. *PLOS ONE*, 10(4), e0119929. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119929>>
- Findlay, L. C., Arim, R., et Kohen, D. (2020). Understanding the perceived mental health of Canadians during the COVTD-19 pandemic. *Health reports*, 31(4), 22-27. (disponible en français également)

- Finlay, S. E., Moffat, A., Gazzard, R., Baker, D., et Murray, V. (2012). Health impacts of wildfires. *PLoS Currents*, 4, e4f959951cce2c. <<https://doi.org/10.1371/4f959951cce2c>>
- Fioletov, V., Kerr, J. B., et Fergusson, A. (2010). The UV Index : Definition, distribution and factors affecting It. *Canadian Journal of Public Health*, 101(4), 15-19. <<https://doi.org/10.1007/BF03405303>>
- First, J. M., First, N. L., et Houston, J. B. (2017). Intimate partner violence and disasters : A framework for empowering women experiencing violence in disaster settings. *Affilia*, 32(3), 390-403.
- First Nations Information Governance Centre. (2018). *National report of the First Nations Regional Health Survey. Phase 3: Volume One*. Ottawa, ON. Consulté sur le site: <[https://fnigc.ca/wp-content/uploads/2020/09/713c8fd606a8eeb021debc927332938d\\_FNIGC-RHS-Phase-III-Report1-FINAL-VERSION-Dec.2018.pdf](https://fnigc.ca/wp-content/uploads/2020/09/713c8fd606a8eeb021debc927332938d_FNIGC-RHS-Phase-III-Report1-FINAL-VERSION-Dec.2018.pdf)>
- Fisk, W. J. (2015). Review of some effects of climate change on indoor environmental quality and health and associated no-regrets mitigation measures. *Building and Environment*, 86, 70-80. <<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.12.024>>
- Flannigan, M. D., Krawchuk, M. A., Groot, W. J. de, Wotton, B. M., et Gowman, L. M. (2009). Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire*, 18(5), 483-507. <<https://doi.org/10.1071/WF08187>>
- Flannigan, M. D., Logan, K. A., Amiro, B. D., Skinner, W. R., et Stocks, B. J. (2005). Future area burned in Canada. *Climatic Change*, 72(1), 116. <<https://doi.org/10.1007/s10584-005-5935-y>>
- Flannigan, M. D., Wotton, B. M., Marshall, G. A., de Groot, W. J., Johnston, J., Jurko, N., et Cantin, A. S. (2016). Fuel moisture sensitivity to temperature and precipitation : Climate change implications. *Climatic Change*, 134(1), 59-71. <<https://doi.org/10.1007/s10584-015-1521-0>>
- Flynn, M., Ford, J. D., Labbé, J., Schrott, L., et Tagalik, S. (2018). Evaluating the effectiveness of hazard mapping as climate change adaptation for community planning in degrading permafrost terrain. *Sustainability Science*, 14(4), 1041-1056. <<https://doi.org/10.1007/s11625-018-0614-x>>
- Ford, B., Val Martin, M., Zelasky, S., Fischer, E., Anenberg, S., Heald, C., et Pierce, J. (2018). Future fire impacts on smoke concentrations, visibility, and health in the contiguous United States. *GeoHealth*, 2(8), 229-247.
- Ford, J. D., Willox, A. C., Chatwood, S., Furgal, C., Harper, S., Mauro, I., et Pearce, T. (2014). Adapting to the Effects of Climate Change on Inuit Health. *American Journal of Public Health*, 104(S3), e9-e17. <<https://doi.org/10.2105/AJPH.2013.301724>>
- Fortier, C. (2013). *Impact des changements climatiques sur les débordements des réseaux d'égouts unitaires*. Institut national de la recherche scientifique.
- Fortune, M., Mustard, C., et Brown, P. (2014). The use of Bayesian inference to inform the surveillance of temperature-related occupational morbidity in Ontario, Canada, 2004-2010. *Environmental Research*, 132, 449-456. <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.04.022>>
- Freeman, S., et Eykelbosh, A. (2020). *La COVID-19 et la sécurité à l'extérieur : considérations sur l'utilisation des espaces récréatifs extérieurs*. Centre de collaboration nationale en santé environnementale. Consulté sur le site : <<https://ccnse.ca/documents/guide/la-covid-19-et-la-securite-lexterieur-considerations-sur-lutilisation-des-espaces>>
- Freedman, D. M., Kitahara, C. M., Linet, M. S., Alexander, B. H., Neta, G., Little, M. P., et Cahoon, E. K. (2015). Ambient temperature and risk of first primary basal cell carcinoma : A nationwide United States cohort study. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 148, 284-289. <<https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2015.04.025>>
- French, C. E., Waite, T. D., Armstrong, B., Rubin, G. J., Group, E. N. S. of F. and H. S., Beck, C. R., et Oliver, I. (2019). Impact of repeat flooding on mental health and health-related quality of life : A cross-sectional analysis of the English National Study of Flooding and Health. *BMJ Open*, 9(11). <<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-031562>>
- Friel, S., Berry, H., Dinh, H., O'Brien, L., et Walls, H. L. (2014). The impact of drought on the association between food security and mental health in a nationally representative Australian sample. *BMC Public Health*, 14(1), 11-02.
- Fulton, A. E., et Drolet, J. (2018). Responding to disaster-related loss and grief : Recovering from the 2013 flood in Southern Alberta, Canada. *Journal of Loss et Trauma*, 23(2), 140-158. <<https://doi.org/10.1080/15325024.2018.1423873>>
- Funari, E., Manganello, M., et Sinisi, L. (2012). Impact of climate change on waterborne diseases. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 48, 473-487.
- Furr, J. M., Corner, J. S., Edmunds, J. M., et Kendall, P. C. (2010). Disasters and youth : A meta-analytic examination of posttraumatic stress. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 78(6), 765-780. <<https://doi.org/10.1037/a0021482>>
- Gabbe, B. J., Veitch, W., Curtis, K., Martin, K., Gomez, D., Civil, I., ... et Fitzgerald, M. (2020). Survey of major trauma centre preparedness for mass casualty incidents in Australia, Canada, England and New Zealand. *EClinicalMedicine*, 21, 100-322. <<https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100322>>
- Gabriel, K. M., et Endlicher, W. R. (2011). Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environmental Pollution*, 159(89), 2044-2050.

- Gachon, P., Bussières, L., Gosselin, P., Raphoz, M., Bustinza, R., Martin, P., Dueymes, G., Gosselin, D., Labrecque, S., Jeffers, S., et Yagouti, A. (2016). *Guide pour l'identification des seuils d'alertes aux canicules au Canada bas es sur les données probantes*. Université du Québec   Montréal, Environnement et changement climatique Canada, Institut National de Santé Publique du Québec, et Santé Canada. Consulté sur le site : <[https://archipel.uqam.ca/9080/1/Gachon\\_et\\_al\\_2016\\_Guide\\_Canicule\\_FR.pdf](https://archipel.uqam.ca/9080/1/Gachon_et_al_2016_Guide_Canicule_FR.pdf)>
- Gagnon, D., Romero, S. A., Cramer, M. N., Jay, O., et Crandall, C. G. (2016). Cardiac and thermal strain of elderly adults exposed to extreme heat and humidity with and without electric fan use. *JAMA*, 316(9), 989-991. <<https://doi.org/10.1001/jama.2016.10550>>
- Gamble, J. L., Hurley, B. J., Schultz, P. A., Jaglom, W. S., Krishnan, N., et Harris, M. (2013). Climate change and older Americans : State of the science. *Environmental Health Perspectives*, 121(1), 15.
- Garcia, D. M., et Sheehan, M. C. (2016). Extreme weather-driven disasters and children's health. *International Journal of Health Services*, 46(1), 79-105. doi :10.1177/0020731415625254
- Garde-Rivière des Outaouais (2020). *Surverses d'égouts unitaires*. Consulté sur le site : <<https://garderivieredesoutaouais.ca/ce-que-nous-faisons/initiatives/etude-et-surveillance-de-la-sante-du-bassin-versant/surverses-degouts-unitaires/>>
- Gariano, S. L., et Guzzetti, F. (2016). Landslides in a changing climate. *Earth-Science Reviews*, 162, 227-252. <<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.011>>
- Gaskin, C. J., Taylor, D., Kinnear, S., Mann, J., Hillman, W., et Moran, M. (2017). Factors associated with the climate change vulnerability and the adaptive capacity of people with disability : A systematic review. *Weather, Climate, and Society*, 9(4), 801-814.
- Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., Tobias, A., Tong, S., Rockl v, J., Forsberg, B., Leone, M., De Sario, M., Bell, M. L., Guo, Y.-L. L., Wu, C., Kan, H., Yi, S.-M., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Saldiva, P. H. N., ... Armstrong, B. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature : A multicountry observational study. *The Lancet*, 386(9991), 369-375. <[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62114-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62114-0)>
- Gasparrini, A., Guo, Y., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Huber, V., Tong, S., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Nascimento Saldiva, P. H., Lavigne, E., Matus Correa, P., Valdes Ortega, N., Kan, H., Osorio, S., Kysel , J., Urban, A., Jaakkola, J. J. K., Ryt , N. R. I., Pascal, M., Goodman, P. G., ... Armstrong, B. (2017). Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *The Lancet Planetary Health*, 1(9), e360-e367. <[https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30156-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30156-0)>
- Geertsema, M. (2013). Quick clay landslides, landscape evolution, and climate change : A perspective from British Columbia. In C. Margottini, P. Canuti, et K. Sassa (Eds.), *Landslide Science and Practice : Volume 4 : Global Environmental Change* (p. 115-120). Springer Berlin Heidelberg. <[https://doi.org/10.1007/978-3-642-31337-0\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-642-31337-0_15)>
- Georgakakos, A., Yao, H., Kistenmacher, M., Georgakakos, K., Graham, N., Cheng, F.-Y., Spencer, C., et Shamir, E. (2012). Value of adaptive water resources management in Northern California under climatic variability and change : Reservoir management. *Journal of Hydrology*, 412, 34-46.
- Germain, D. (2016). Snow avalanche hazard assessment and risk management in northern Quebec, eastern Canada. *Natural Hazards*, 80(2), 13031321. <<https://doi.org/10.1007/s11069-015-2024-z>>
- Germain, D., Fillion, L., et H tu, B. (2009). Snow avalanche regime and climatic conditions in the Chic-Choc Range, eastern Canada. *Climatic Change*, 92(1), 141-167. <<https://doi.org/10.1007/s10584-008-9439-4>>
- Ghazani, M., FitzGerald, G., Hu, W., et Xu, Z. (2018). Temperature variability and gastrointestinal infections : A review of impacts and future perspectives. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 766. <<https://doi.org/10.3390/ijerph15040766>>
- Giguère, M. (2012). *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains*. Institut national de santé publique du Québec. Consulté sur le site : <<https://www.inspq.qc.ca/publications/988>>
- Gill, R. S., Hambridge, H. L., Schneider, E. B., Hanff, T., Tamargo, R. J., et Nyquist, P. (2013). Falling temperature and colder weather are associated with an increased risk of aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *World Neurosurgery*, 79(1), 136-142.
- Gillett, N. P., Weaver, A. J., Zwiers, F. W., et Flannigan, M. D. (2004). Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. *Geophysical Research Letters*, 31(18). <<https://doi.org/10.1029/2004GL020876>>
- Goldberg, M. S., Gasparrini, A., Armstrong, B., et Valois, M.-F. (2011). The short-term influence of temperature on daily mortality in the temperate climate of Montreal, Canada. *Environmental research*, 111(6), 853-860.
- Goldman, A., Eggen, B., Golding, B., et Murray, V. (2014). The health impacts of windstorms : A systematic literature review. *Public health*, 128(1), 3-28.
- Gomez, D., Haas, B., Ahmed, N., Tien, H., et Nathens, A. (2011). Disaster preparedness of Canadian trauma centres: the perspective of medical directors of trauma. *Canadian Journal of Surgery*, 54(1), 9.

- Gorman, S., Lucas, R. M., Allen-Hall, A., Fleury, N., et Feelisch, M. (2017). Ultraviolet radiation, vitamin D and the development of obesity, metabolic syndrome and type-2 diabetes. *Photochemical et Photobiological Sciences*, 16(3), 362-373. <<https://doi.org/10.1039/c6pp00274a>>
- Gorman, S., McGlade, J. P., Lambert, M. J., Strickland, D. H., Thomas, J. A., et Hart, P. H. (2010). UV exposure and protection against allergic airways disease. *Photochemical et Photobiological Sciences*, 9(4), 571-577.
- Gosling, S. N., Hondula, D. M., Bunker, A., Ibarreta, D., Liu, J., Zhang, X., et Sauerborn, R. (2017). Adaptation to climate change: a comparative analysis of modeling methods for heat-related mortality. *Environmental health perspectives*, 125(8), 087-008.
- Gouvernement du Canada. (2019a). *Prévention Inondation*. Consulté sur le site : <<https://www.canada.ca/fr/campagne/prevention-inondation.html>>
- Gouvernement du Canada (2019b). *Conditions météorologiques dangereuses*. Consulté sur le site : <<https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/conditionsdangereuses.html>>
- Gouvernement du Canada. (2020). *Infobase de la santé publique*. Consulté sur le site : <<https://sante-infobase.canada.ca/>>
- Government of Nunavut. (2012). *Changing times: Climate change impacts and adaptation in Nunavut*. Iqaluit, NU. Consulté sur le site : <[http://www.climatechangenunavut.ca/sites/default/files/summer\\_2012\\_newsletter.pdf](http://www.climatechangenunavut.ca/sites/default/files/summer_2012_newsletter.pdf)>
- Graham, D. A., Vanos, J. K., Kenny, N. A., et Brown, R. D. (2016). The relationship between neighbourhood tree canopy cover and heat-related ambulance calls during extreme heat events in Toronto, Canada. *Urban Forestry et Urban Greening*, 20, 180-186. <<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.08.005>>
- Graham, H., White, P., Cotton, J., et McManus, S. (2019). Flood and weather-damaged homes and mental health : An analysis using England's mental health survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 32-56. <<https://doi.org/10.3390/ijerph16183256>>
- Greenan, B.J.W., T.S. James, J.W. Loder, P. Pépin, K. Azetsu-Scott, D. Ianson, R.C. Hamme, D. Gilbert, J-E. Tremblay, X.L. Wang et W. Perrie. « Changements touchant les océans qui bordent le Canada », chapitre 7 dans Rapport sur le climat changeant du Canada, E. Bush et D.S. Lemmen (éd.), gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2019, p. 344-425
- Greene, C. S., Robinson, P. J., et Millward, A. A. (2018). Canopy of advantage: Who benefits most from city trees? *Journal of Environmental Management*, 208(15), 24-35. <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.015>>
- Greene, G., Paranjothy, S., et Palmer, S. R. (2015). Resilience and vulnerability to the psychological harm from flooding : The role of social cohesion. *American Journal of Public Health*, 105(9), 1792-1795. <<https://doi.org/10.2105/AJPH.2015.302709>>
- Gronlund, C. J. (2014). Racial and socioeconomic disparities in heat-related health effects and their mechanisms : A review. *Current Epidemiology Reports*, 1(3), 165-173. <<https://doi.org/10.1007/s40471-014-0014-4>>
- Guiney, R. (2012). Farming suicides during the Victorian drought : 2001-2007. *Australian journal of rural health*, 20(1), 11-15.
- Gunn, K. M., Kettler, L. J., Skaczkowski, G. L., et Turnbull, D. A. (2012). Farmers' stress and coping in a time of drought. *Rural et Remote Health*, 12(4).
- Guo, Y., Gasparrini, A., Li, S., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Coelho, M. de S. Z. S., Saldiva, P. H. N., Lavigne, E., Tawatsupa, B., et Punnasiri, K. (2018). Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios : A multicountry time series modelling study. *PLoS Medicine*, 15(7), e1002629.
- Gupta, S., Carmichael, C., Simpson, C., Clarke, M. J., Allen, C., Gao, Y., Chan, E. Y., et Murray, V. (2012). Electric fans for reducing adverse health impacts in heatwaves. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2012(7), CD009888. <<https://doi.org/10.1002/14651858.CD009888.pub2>>
- Guyadeen, D., Thistlethwaite, J., et Henstra, D. (2019). Evaluating the quality of municipal climate change plans in Canada. *Climatic Change*, 152(1), 121-143. <<https://doi.org/10.1007/s10584-018-2312-1>>
- Haider, A., Mamdani, M., et Shear, N. H. (2007). Socioeconomic status and the prevalence of melanoma in Ontario, Canada. *Journal of Cutaneous Medicine and Surgery*, 11(1), 1-3. <<https://doi.org/10.2310/7750.2007.00001>>
- Hajat, S. (2017). Health effects of milder winters : A review of evidence from the United Kingdom. *Environmental Health*, 16(1), 109.
- Hajat, S., Haines, A., Sarran, C., Sharma, A., Bates, C., et Fleming, L. E. (2017). The effect of ambient temperature on type-2 diabetes: case-crossover analysis of 4+ million GP consultations across England. *Environmental Health : A Global Access Science Source*, 16(1), 73. <<https://doi.org/10.1186/s12940-017-0284-7>>
- Halliday, G. M., et Byrne, S. N. (2014). An unexpected role : UVA-induced release of nitric oxide from skin may have unexpected health benefits. *Journal of Investigative Dermatology*, 134(7), 1791-1794. <<https://doi.org/10.1038/jid.2014.33>>
- Hambly, D., Andrey, J., Mills, B., et Fletcher, C. (2013). Projected implications of climate change for road safety in Greater Vancouver, Canada. *Climatic Change*, 116(34), 613-629. <<https://doi.org/10.1007/s10584-012-0499-0>>
- Hanes, C. C., Wang, X., Jain, P., Parisien, M.-A., Little, J. M., et Flannigan, M. D. (2019). Fire-regime changes in Canada over the last half century. *Canadian Journal of Forest Research*, 49(3), 256-269. <<https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0293>>



- Hanigan, I. C., Butler, C. D., Kocic, P. N., et Hutchinson, M. F. (2012). Suicide and drought in New South Wales, Australia, 1970–2007. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(35), 13950-13955. <<https://doi.org/10.1073/pnas.1112965109>>
- Harrison, F., van Sluijs, E. M., Corder, K., Ekelund, U., et Jones, A. (2015). The changing relationship between rainfall and children's physical activity in spring and summer: a longitudinal study. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12, 41. <<https://doi.org/10.1186/s12966-015-0202-8>>
- Hart, C. R., Berry, H. L., et Tonna, A. M. (2011). Improving the mental health of rural New South Wales communities facing drought and other adversities. *Australian Journal of Rural Health*, 19(5), 231-238. <<https://doi.org/10.1111/j.1440-1584.2011.01225.x>>
- Hart, P. H., et Norval, M. (2018). Ultraviolet radiation-induced immunosuppression and its relevance for skin carcinogenesis. *Photochemical et Photobiological Sciences*, 17(12), 1872-1884. doi: 10.1039/C7PP00312A
- Hattis, D., Ogneva-Himmelberger, Y., et Ratick, S. (2012). The spatial variability of heat-related mortality in Massachusetts. *Applied Geography*, 33, 45-52. <<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.07.008>>
- He, S., Kosatsky, T., Smargiassi, A., Bilodeau-Bertrand, M., et Auger, N. (2018). Heat and pregnancy-related emergencies : Risk of placental abruption during hot weather. *Environment International*, 111, 295-300. <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.11.004>>
- Hedlund, C., Blomstedt, Y., et Schumann, B. (2014). Association of climatic factors with infectious diseases in the Arctic and subarctic region—A systematic review. *Global Health Action*, 7, 1-16. <<https://doi.org/10.3402/gha.v7.24161>>
- Henderson, S. B., Brauer, M., MacNab, Y. C., et Kennedy, S. M. (2011). Three measures of forest fire smoke exposure and their associations with respiratory and cardiovascular health outcomes in a population-based cohort. *Environmental Health Perspectives*, 119(9), 1266-1271.
- Henderson, S. B., et Johnston, F. H. (2012). Measures of forest fire smoke exposure and their associations with respiratory health outcomes. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 12(3), 221-227.
- Henderson, S. B., Wan, V., et Kosatsky, T. (2013). Differences in heat-related mortality across four ecological regions with diverse urban, rural, and remote populations in British Columbia, Canada. *Health et Place*, 23, 48-53.
- Henstra, D., et Thistlethwaite, J. (2018). *Flood risk mapping in Canada : Moving forward on a national priority*. Centre for International Governance Innovation. Consulté sur le site : <<https://www.cigionline.org/publications/flood-risk-mapping-canada-moving-forward-national-priority/>>
- Herrador, B. R. G., De Blasio, B. F., MacDonald, E., Nichols, G., Sudre, B., Vold, L., Semenza, J. C., et Nygård, K. (2015). Analytical studies assessing the association between extreme precipitation or temperature and drinking water-related waterborne infections : A review. *Environmental Health*, 14(1), 29.
- Hetherington, E., McDonald, S., Wu, M., et Tough, S. (2018). Risk and protective factors for mental health and community cohesion after the 2013 Calgary flood. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 12(4), 470-477. <<https://doi.org/10.1017/dmp.2017.91>>
- Hetu, B., Fortin, G., et Brown, K. (2015). Winter climate, land settlement and avalanche dynamics in southern Quebec : An analysis from the known accidents since 1825. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 52(5), 307-321. <<https://doi.org/10.1139/cjes-2014-0205>>
- Hicks, L. A., Rose, C. E., Fields, B. S., Drees, M. L., Engel, J. P., Jenkins, P. R., Rouse, B. S., Blythe, D., Khalifah, A. P., Feikin, D. R., et Whitney, C. G. (2007). Increased rainfall is associated with increased risk for legionellosis. *Epidemiology et Infection*, 135(5), 811-817. <<https://doi.org/10.1017/S0950268806007552>>
- Ho, H. C., Knudby, A., Xu, Y., Hodul, M., et Aminipouri, M. (2016). A comparison of urban heat islands mapped using skin temperature, air temperature, and apparent temperature (Humidex), for the greater Vancouver area. *The Science of the Total Environment*, 544, 929-938.
- Holman, D. M., Kapelos, G. T., Shoemaker, M., et Watson, M. (2018). Shade as an environmental design tool for skin cancer prevention. *American Journal of Public Health*, 108(12), 1607-1612. <<https://doi.org/10.2105/AJPH.2018.304700>>
- Holmer, I. (2009). Evaluation of cold workplaces : An overview of standards for assessment of cold stress. *Industrial Health*, 47(3), 228-234.
- Holmes, E. A., Xiang, F., et Lucas, R. M. (2015). Variation in incidence of pediatric Crohn's disease in relation to latitude and ambient ultraviolet radiation : A systematic review and analysis. *Inflammatory Bowel Diseases*, 21(4), 809-817. <<https://doi.org/10.1097/MIB.0000000000000320>>
- Houghton, A., et Castillo-Salgado, C. (2017). Health Co-Benefits of Green Building Design Strategies and Community Resilience to Urban Flooding: A Systematic Review of the Evidence. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), 15-19. <<https://doi.org/10.3390/ijerph14121519>>
- Howden-Chapman, P., Viggers, H., Chapman, R., O'Sullivan, K., Telfar Barnard, L., et Lloyd, B. (2012). Tackling cold housing and fuel poverty in New Zealand : A review of policies, research, and health impacts. *Energy Policy*, 49, 134-142. <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.044>>

- Hsu, A., Sheriff, G., Chakraborty, T., et Manya, D. (2021). Disproportionate exposure to urban heat island intensity across major US cities. *Nature Communications*, 12(1), 1-11.
- Hu, X. F., Singh, K., Kenny, T. A., et Chan, H. M. (2019). Prevalence of heart attack and stroke and associated risk factors among Inuit in Canada: A comparison with the general Canadian population. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 222(2), 319-326.
- Huang, C., Barnett, A. G., Wang, X., Vaneckova, P., FitzGerald, G., et Tong, S. (2011). Projecting future heat-related mortality under climate change scenarios : A systematic review. *Environmental Health Perspectives*, 119(12), 1681-1690. <<https://doi.org/10.1289/ehp.1103456>>
- Hung, L.-S., Wang, C., et Yarnal, B. (2016). Vulnerability of families and households to natural hazards : A case study of storm surge flooding in Sarasota County, Florida. *Applied Geography*, 76, 184-197. <<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.09.021>>
- Hurlbert, M., et Gupta, J. (2016). Adaptive governance, uncertainty, and risk : Policy framing and responses to climate change, drought, and flood. *Risk Analysis*, 36(2), 339-356.
- Huynen, M. M., et Martens, P. (2015). Climate change effects on heat-and cold-related mortality in the Netherlands : A scenario-based integrated environmental health impact assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(10), 13295-13320.
- Hydro-Québec. (n.d.). *L'après 1998 : Un réseau plus robuste*. Consulté sur le site : <<http://www.hydroquebec.com/verglas-1998/apres-la-tempete.html>>
- International Agency for Research on Cancer. (1992). *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Solar and ultraviolet radiation*. Lyon, France. Consulté sur le site : <<https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Solar-And-Ultraviolet-Radiation-1992>>
- Institut Canadien d'information sur la santé (ICIS). (2007). *Améliorer la santé des Canadiens: Santé mentale et itinérance*. Ottawa (Ontario). Consulté sur le site : <[https://cpa.ca/cpasite/UserFiles/Documents/Practice\\_Page/mental\\_health/homelessness\\_fr.pdf](https://cpa.ca/cpasite/UserFiles/Documents/Practice_Page/mental_health/homelessness_fr.pdf)>
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2020a). *Mesures de prévention et contrôle des infections pour l'utilisation des climatiseurs mobiles et des ventilateurs sur pied en milieu de soins dans un contexte de COVID-19*. Consulté sur le site : <<https://www.inspq.qc.ca/publications/3011-climatiseurs-mobiles-ventilateurs-milieu-soin-covid19>>
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2020b). *COVID-19 : Climatiseur et ventilation portative en milieu de travail*. Groupe de travail SAT-COVID-19. Consulté sur le site : <<https://www.inspq.qc.ca/publications/3021-ventilation-portative-travail-covid19>>
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2020c). *Utilisation des climatiseurs et des ventilateurs électriques dans les milieux scolaires, les milieux de garde et les camps de jour lors des vagues de chaleur dans un contexte de COVID-19*. Consulté sur le site : <<https://www.inspq.qc.ca/publications/3034-climatiseurs-ventilateurs-milieu-scolaires-garde-camps-jour-covid19>>
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2020d). *COVID-19 : utilisation sécuritaire des parcs et espaces verts urbains en contexte de déconfinement graduel*. Consulté sur le site : <<https://www.inspq.qc.ca/publications/3043-utilisation-parcs-espaces-verts-covid19>>
- Institut de prévention des sinistres catastrophiques. (2012a). *Protéger votre maison contre les grands vents*. Consulté sur le site : <[https://issuu.com/iclr/docs/iclr\\_-\\_severe\\_wind\\_-\\_french\\_final](https://issuu.com/iclr/docs/iclr_-_severe_wind_-_french_final)>
- Institut de prévention des sinistres catastrophiques. (2012b). *Protégez votre maison contre les tempêtes de neige et de verglas*. Consulté sur le site : <[https://www.iclr.org/wp-content/uploads/PDFS/ICLR\\_Snow-and-ice-storms\\_F\\_2018.pdf](https://www.iclr.org/wp-content/uploads/PDFS/ICLR_Snow-and-ice-storms_F_2018.pdf)>
- Ivanov, I. V., Mappes, T., Schaupp, P., Lappe, C., et Wahl, S. (2018). Ultraviolet radiation oxidative stress affects eye health. *Journal of Biophotonics*, 11(7), e201700377. <<https://doi.org/10.1002/jbio.201700377>>
- Jablonski, N. G., et Chaplin, G. (2012). Human skin pigmentation, migration and disease susceptibility. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 367(1590), 785-792.
- Jakob, M., et Lambert, S. (2009). Climate change effects on landslides along the southwest coast of British Columbia. *Geomorphology*, 107(3), 275-284. <<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.12.009>>
- Jalliffier-Verne, I., Leconte, R., Huaranga-Alvarez, U., Heniche, M., Madoux-Humery, A.-S., Autixier, L., Galarneau, M., Servais, P., Prevost, M., et Dorner, S. (2017). Modelling the impacts of global change on concentrations of *Escherichia coli* in an urban river. *Advances in Water Resources*, 108, 450-460. <<https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2016.10.001>>
- Jamieson, J. B., Haegeli, P. et Gauthier, D. (2010). *Avalanche Accidents in Canada (Volume 5, 1996-2007)*. Canadian Avalanche Association. Consulté sur le site : <[www.avalancheassociation.ca](http://www.avalancheassociation.ca)>
- Janz, T., et Pearson, C. (2013). *Niveaux de vitamine D dans le sang des Canadiens*. Statistique Canada. Consulté sur le site : <<https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/82-624-x/2013001/article/11727-fra.htm>>



- Jay, O., Cramer, M. N., Ravanelli, N. M., et Hodder, S. G. (2015). Should electric fans be used during a heat wave? *Applied ergonomics*, 46, 137-143.
- Jeong, D. I., Sushama, L., Diro, G. T., Khaliq, M. N., Beltrami, H., et Caya, D. (2016). Projected changes to high temperature events for Canada based on a regional climate model ensemble. *Climate Dynamics*, 46(910), 3163-3180.
- Jermacane, D., Waite, T. D., Beck, C. R., Bone, A., Amlôt, R., Reacher, M., Kovats, S., Armstrong, B., Leonardi, G., James Rubin, G., et Oliver, I. (2018). The English National Cohort Study of Flooding and Health : The change in the prevalence of psychological morbidity at year two. *BMC Public Health*, 18(1), 330. <<https://doi.org/10.1186/s12889-018-5236-9>>
- Jerrett, M., Arain, A., Kanaroglou, P., Beckerman, B., Potoglou, D., Sahuvaroglu, T., Morrison, J., et Giovis, C. (2005). A review and evaluation of intraurban air pollution exposure models. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 15(2), 185-204. <<https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500388>>
- Johal, S., et Mounsey, Z. (2016). A research-based primer on the potential psychosocial impacts of flooding. *Disaster Prevention and Management*, 25(1), 104-110. <<https://doi.org/10.1108/DPM-09-2015-0206>>
- Johanning, E., Auger, P., Morey, P. R., Yang, C. S., et Olmsted, E. (2014). Review of health hazards and prevention measures for response and recovery workers and volunteers after natural disasters, flooding, and water damage : Mold and dampness. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 19(2), 93-99. <<https://doi.org/10.1007/s12199-013-0368-0>>
- Johnson-Arbor, K. K., Quental, A. S., et Li, D. (2014). A comparison of carbon monoxide exposures after snowstorms and power outages. *American Journal of Preventive Medicine*, 46(5), 481-486. <<https://doi.org/10.1016/j.amepre.2014.01.006>>
- Joshua, A. M. (2012). Melanoma prevention : Are we doing enough? A Canadian perspective. *Current Oncology*, 19(6), e462-e467. <<https://doi.org/10.3747/co.19.1222>>
- Juzeniene, A., et Moan, J. (2012). Beneficial effects of UV radiation other than via vitamin D production. *Dermato-Endocrinology*, 4(2), 109-117. <<https://doi.org/10.4161/derm.20013>>
- Kaffenberger, B. H., Shetlar, D., Norton, S. A., et Rosenbach, M. (2017). The effect of climate change on skin disease in North America. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 76(1), 140-147. <<https://doi.org/10.1016/j.jaad.2016.08.014>>
- Kampe, E. O. I., Kovats, S., et Hajat, S. (2016). Impact of high ambient temperature on unintentional injuries in high-income countries : A narrative systematic literature review. *BMJ Open*, 6(2), e010399. <<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010399>>
- Kapelos, G. T., et Patterson, M. R. S. (2014). Health, planning, design, and shade : A critical review. *Journal of Architectural and Planning Research*, 31(2), 91-111. <<https://www.jstor.org/stable/43031028>>
- Keesstra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z., et Cerdà, A. (2018). The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *The Science of the Total Environment*, 610, 997-1009.
- Kellens, W., Terpstra, T., et Maeyer, P. D. (2013). Perception and communication of flood risks : A systematic review of empirical research. *Risk Analysis*, 33(1), 24-49. <<https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01844.x>>
- Kennedy, I. T., Petley, D. N., Williams, R., et Murray, V. (2015). A systematic review of the health impacts of mass Earth movements (landslides). *PLoS Currents*, 7, ecurrents.dis.1d49e84c8bbe678b0e70cf7fc35d0b77. <<https://doi.org/10.1371/currents.dis.1d49e84c8bbe678b0e70cf7fc35d0b77>>
- Khabarov, N., Krasovskii, A., Obersteiner, M., Swart, R., Dosio, A., San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Camia, A., et Migliavacca, M. (2016). Forest fires and adaptation options in Europe. *Regional Environmental Change*, 16(1), 21-30. <<https://doi.org/10.1007/s10113-014-0621-0>>
- Khan, S. J., Deere, D., Leusch, F. D. L., 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, K.-H., Kabir, E., et Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74, 136-143. <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.005>>
- Kim, Y., Kim, H., Gasparrini, A., Armstrong, B., Honda, Y., Chung, Y., Ng, C. F. S., Tobias, A., Íñiguez, C., et Lavigne, E. (2019). Suicide and ambient temperature : A multi-country multi-city study. *Environmental Health Perspectives*, 127(11), 117007.
- Kimeswenger, S., Schwarz, A., Födinger, D., Müller, S., Pehamberger, H., Schwarz, T., et Jantschitsch, C. (2016). Infrared A radiation promotes survival of human melanocytes carrying ultraviolet radiation-induced DNA damage. *Experimental Dermatology*, 25(6), 447-452. <<https://doi.org/10.1111/exd.12968>>
- Kinney, P. L., Schwartz, J., Pascal, M., Petkova, E., Le Tertre, A., Medina, S., et Vautard, R. (2015). Winter season mortality : Will climate warming bring benefits? *Environmental Research Letters*, 10(6), 064016.
- Kirchmeier-Young, M. C., Gillett, N. P., Zwiers, F. W., Cannon, A. J., et Anslow, F. S. (2019). Attribution of the influence of human-induced climate change on an extreme fire season. *Earth's Future*, 7(1), 2-10. <<https://doi.org/10.1029/2018EF001050>>



- Kirchmeier-Young, M. C., Zwiers, F. W., Gillett, N. P., et Cannon, A. J. (2017). Attributing extreme fire risk in Western Canada to human emissions. *Climatic Change*, 144(2), 365-379. <<https://doi.org/10.1007/s10584-017-2030-0>>
- Klinger, C., Landeg, O., et Murray, V. (2014). Power outages, extreme events and health: a systematic review of the literature from 2011-2012. *PLoS Currents*, 6, ecurrents.dis.04eb1dc5e73dd1377e05a10e9edde673. <<https://doi.org/10.1371/currents.dis.04eb1dc5e73dd1377e05a10e9edde673>>
- Koerth, J., Vafeidis, A. T., et Hinkel, J. (2017). Household-level coastal adaptation and its drivers : A systematic case study review. *Risk Analysis*, 37(4), 629-646. <<https://doi.org/10.1111/risa.12663>>
- Koetse, M. J., et Rietveld, P. (2009). The impact of climate change and weather on transport : An overview of empirical findings. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(3), 205-221. <<https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.12.004>>
- Kornhall, D. K., et Martens-Nielsen, J. (2016). The prehospital management of avalanche victims. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 162(6), 406-412. <<https://doi.org/10.1136/jramc-2015-000441>>
- Kosatsky, T., Dufresne, J., Richard, L., Renouf, A., Giannetti, N., Bourbeau, J., Julien, M., Braidy, J., et Sauvé, C. (2009). Heat awareness and response among Montreal residents with chronic cardiac and pulmonary disease. *Canadian Journal of Public Health = Revue Canadienne de Sante Publique*, 100(3), 237-240. <<https://doi.org/10.1007/BF03405548>>
- Kosatsky, T., Henderson, S. B., et Pollock, S. L. (2012). Shifts in mortality during a hot weather event in Vancouver, British Columbia : Rapid assessment with case-only analysis. *American journal of public health*, 102(12), 2367-2371.
- Kramer, D. M., Tenkate, T., Strahlendorf, P., Kushner, R., Gardner, A., et Holness, D. L. (2015). Sun Safety at Work Canada : A multiple case-study protocol to develop sun safety and heat protection programs and policies for outdoor workers. *Implementation Science*, 10(1), 97. <<https://doi.org/10.1186/s13012-015-0277-2>>
- Laaidi, K., Economopoulou, A., Wagner, V., Pascal, M., Empereur-Bissonnet, P., Verrier, A., et Beaudou, P. (2013). Cold spells and health : Prevention and warning. *Public Health*, 127(5), 492-499. <<https://doi.org/10.1016/j.puhe.2013.02.011>>
- Labbé, J., Ford, J. D., Araos, M., et Flynn, M. (2017). The government-led climate change adaptation landscape in Nunavut, Canada. *Environmental Reviews*, 25(1), 1225. doi:10.1139/er-2016-0032
- Lai, B. S., Lewis, R., Livings, M. S., La Greca, A. M., et Esnard, A. (2017). Posttraumatic stress symptom trajectories among children after disaster exposure : A review. *Journal of Traumatic Stress*, 30(6), 571-582.
- Lamond, J. E., Joseph, R. D., et Proverbs, D. G. (2015). An exploration of factors affecting the long term psychological impact and deterioration of mental health in flooded households. *Environmental Research*, 140, 325-334. <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.04.008>>
- Lane, K., Charles-Guzman, K., Wheeler, K., Abid, Z., Graber, N., et Matte, T. (2013). Health effects of coastal storms and flooding in urban areas : A review and vulnerability assessment. *Journal of Environmental and Public Health*, 2013(913064), 13. <<https://doi.org/10.1155/2013/913064>>
- Liang, K. E., et Kosatsky, T. (2020). Protecting rural Canadians from extreme heat. *CMAJ*, 192(24), E657-E658. <<https://doi.org/10.1503/cmaj.200004>>
- Laverdière, É., Généreux, M., Gaudreau, P., Morais, J. A., Shatenstein, B., et Payette, H. (2015). Prevalence of risk and protective factors associated with heat-related outcomes in Southern Quebec : A secondary analysis of the NuAge study. *Canadian Journal of Public Health*, 106(5), e315-e321. <<https://doi.org/10.17269/cjph.106.5029>>
- Laverdière, É., Payette, H., Gaudreau, P., Morais, J. A., Shatenstein, B., et Généreux, M. (2016). Risk and protective factors for heat-related events among older adults of Southern Quebec (Canada) : The NuAge study. *Canadian Journal of Public Health-Revue Canadienne De Sante Publique*, 107(3), E258-E265. <<https://doi.org/10.17269/CJPH.107.5599>>
- Lavigne, E., Gasparrini, A., Wang, X., Chen, H., Yagouti, A., Fleury, M. D., et Cakmak, S. (2014). Extreme ambient temperatures and cardiorespiratory emergency room visits : Assessing risk by comorbid health conditions in a time series study. *Environmental Health*, 13(1), 5. <<https://doi.org/10.1186/1476-069X-13-5>>
- Lavigne, E. (2020). *Temperature-related mortality under climate change scenarios in health regions of Canada* [Video]. Air Health Science Division of Health Canada. Presented at the NOAA-ECCC webinar. Consulté sur le site : <[https://www.youtube.com/watch?v=JD-3rVL\\_5IY](https://www.youtube.com/watch?v=JD-3rVL_5IY)>
- 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/synthesedesapprochesdegestionintegreparbassinversantaucanada.pdf>>
- Le, G., Breyse, P., McDermott, A., Eftim, S., Geyh, A., Berman, J., et Curriero, F. (2014). Canadian forest fires and the effects of long-range transboundary air pollution on hospitalizations among the elderly. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 3(2), 713-731.

- Lebel, G., Dubé, M. et Bustinza, R. (2015). *Évaluation du Fichier hebdomadaire des décès pour l'estimation des impacts des vagues de chaleur: rapport*. Institut national de santé publique du Québec. Consulté sur le site: <<https://www.inspq.qc.ca/publications/1962>>
- Lebel, G., Dubé, M. et Bustinza, R. (2017). *Analyse des impacts des vagues régionales de chaleur extrême sur la santé au Québec de 2010 à 2015*. Institut national de santé publique du Québec. Consulté sur le site: <<https://www.inspq.qc.ca/publications/2221>>
- Lebel, G., Dubé, M. et Bustinza, R. (2019). *Surveillance des impacts des vagues de chaleur extrême sur la santé au Québec à l'été 2018*. Institut national de santé publique du Québec. Consulté sur le site: <<https://www.inspq.qc.ca/bise/surveillance-des-impacts-des-vagues-de-chaleur-extreme-sur-la-sante-au-quebec-l-ete-2018>>
- Lennon, M., Scott, M., et O'Neill, E. (2014). Urban design and adapting to flood risk : The role of green infrastructure. *Journal of Urban Design*, 19(5), 745-758. <<https://doi.org/10.1080/13574809.2014.944113>>
- Lesnikowski, A., Ford, J., Berrang-Ford, L., Barrera, M., et Heymann, J. (2015). How are we adapting to climate change ? A global assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(2), 277-293.
- Lesnikowski, A., Ford, J., Biesbroek, R., Berrang-Ford, L., et Heymann, S. J. (2016). National-level progress on adaptation. *Nature Climate Change*, 6(3), 261-264. <<https://doi.org/10.1038/nclimate2863>>
- Lévesque, B., Gervais, M.-C., Chevalier, P., Gauvin, D., Anassour-Laouan-Sidi, E., Gingras, S., Fortin, N., Brisson, G., Greer, C., et Bird, D. (2014). Prospective study of acute health effects in relation to exposure to cyanobacteria. *The Science of the Total Environment*, 466467, 397-403. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.045>>
- Levi, M., Kjellstrom, T., et Baldasseroni, A. (2018). Impact of climate change on occupational health and productivity : A systematic literature review focusing on workplace heat. *Medicina Del Lavoro*, 109(3), 163-179. <<https://doi.org/10.23749/mdl.v109i3.6851>>
- 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.
- Leyva, E. W. A., Beaman, A., et Davidson, P. M. (2017). Health impact of climate change in older people : An integrative review and implications for nursing. *Journal of Nursing Scholarship*, 49(6), 670-678. <<https://doi.org/10.1111/jnu.12346>>
- L'Hérault, E., Allard, M., Fortier, D., Carboneau, A., Doyon-Robitaille, J., Lachance, M. P., Ducharme, M.A., Larrivée, K., Grandmont, K., et Lemieux, C. (2013). *Production de cartes des caractéristiques du pergélisol afin de guider le développement de l'environnement bâti pour quatre communautés du Nunavik*. Centre d'études nordiques, Université Laval. Montréal, QC.
- Liddell, C., et Morris, C. (2010). Fuel poverty and human health : A review of recent evidence. *Energy Policy*, 38(6), 2987-2997. <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.037>>
- Liddell, C., Morris, C., Thomson, H., et Guiney, C. (2016). Excess winter deaths in 30 European countries 1980-2013 : A critical review of methods. *Journal of Public Health*, 38(4), 806-814. <<https://doi.org/10.1093/pubmed/fdv184>>
- Lim, Y.-H., Hong, Y.-C., et Kim, H. (2012). Effects of diurnal temperature range on cardiovascular and respiratory hospital admissions in Korea. *The Science of the Total Environment*, 417418, 55-60. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.12.048>>
- Lim, Y.-H., So, R., Lee, C., Hong, Y.-C., Park, M., Kim, L., et Yoon, H.-J. (2018). Ambient temperature and hospital admissions for acute kidney injury : A time-series analysis. *The Science of the Total Environment*, 616, 1134-1138.
- Lin, S., Lawrence, W. R., Lin, Z., DiRienzo, S., Lipton, K., Dong, G.-H., Leung, R., Lauper, U., Nasca, P., et Stuart, N. (2018). Are the current thresholds, indicators, and time window for cold warning effective enough to protect cardiovascular health? *The Science of the Total Environment*, 639, 860-867.
- Linos, E., Keiser, E., Kanzler, M., Sainani, K. L., Lee, W., Vittinghoff, E., Chren, M.-M., et Tang, J. Y. (2012). Sun protective behaviors and vitamin D levels in the US population : NHANES 2003-2006. *Cancer Causes et Control*, 23(1), 133-140. <<https://doi.org/10.1007/s10552-011-9862-0>>
- Liotta, G., Inzerilli, M. C., Palombi, L., Madaro, O., Orlando, S., Scarcella, P., Betti, D., et Marazzi, M. C. (2018). Social interventions to prevent heat-related mortality in the older adult in Rome, Italy : A quasi-experimental study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 715. <<https://doi.org/10.3390/ijerph15040715>>
- Liu, D., Fernandez, B. O., Hamilton, A., Lang, N. N., Gallagher, J. M. C., Newby, D. E., Feelisch, M., et Weller, R. B. (2014). UVA irradiation of human skin vasodilates arterial vasculature and lowers blood pressure independently of nitric oxide synthase. *Journal of Investigative Dermatology*, 134(7), 1839-1846. <<https://doi.org/10.1038/jid.2014.27>>
- Liu, G. T., Dancause, K. N., Elgbeili, G., Laplante, D. P., et King, S. (2016a). Disaster-related prenatal maternal stress explains increasing amounts of variance in body composition through childhood and adolescence : Project Ice Storm. *Environmental Research*, 150, 17. <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.04.039>>



- Liu, J. C., Mickley, L. J., Sulprizio, M. P., Yue, X., Peng, R. D., Dominici, F., et Bell, M. L. (2016b). Future respiratory hospital admissions from wildfire smoke under climate change in the Western US. *Environmental Research Letters*, 11(12), 124-018.
- Liu, J. C., Wilson, A., Mickley, L. J., Ebisu, K., Sulprizio, M. P., Wang, Y., Peng, R. D., Yue, X., Dominici, F., et Bell, M. L. (2017). Who among the elderly is most vulnerable to exposure to and health risks of fine particulate matter from wildfire smoke? *American Journal of Epidemiology*, 186(6), 730-735. <<https://doi.org/10.1093/aje/kwx141>>
- 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>>
- Lu, C., Yang, J., Yu, W., Li, D., Xiang, Z., Lin, Y., et Yu, C. (2015). Association between 25(OH)D level, ultraviolet exposure, geographical location, and inflammatory bowel disease activity : A systematic review and meta-analysis. *Plos One*, 10(7), e0132036. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132036>>
- Lucas, R. (2010). Solar ultraviolet radiation : Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Organisation mondiale de la Santé.
- Lucas, R. M., Byrne, S. N., Correale, J., Ilschner, S., et Hart, P. H. (2015). Ultraviolet radiation, vitamin D and multiple sclerosis. *Neurodegenerative Disease Management*, 5(5), 413-424. <<https://doi.org/10.2217/nmt.15.33>>
- Lundgren Kownacki, K., Gao, C., Kuklane, K., et Wierzbicka, A. (2019). Heat stress in indoor environments of Scandinavian urban areas : A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4). <<https://doi.org/10.3390/ijerph16040560>>
- Lutsch, E., Dammers, E., Conway, S., et Strong, K. (2016). Long-range transport of NH<sub>3</sub>, CO, HCN, and C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> from the 2014 Canadian wildfires. *Geophysical Research Letters*, 43(15), 8286-8297. <<https://doi.org/10.1002/2016GL070114>>
- Macciotta, R., et Lefsrud, L. (2018). Framework for developing risk to life evaluation criteria associated with landslides in Canada. *Geoenvironmental Disasters*, 5(1), 10.
- Maguet, S. (2018). *Interventions liées à la santé publique en présence de fumée de feux de forêt*. British Columbia Centre for Disease Control et Centre de collaboration nationale en santé environnementale. Consulté sur le site: <<https://ccnse.ca/documents/evidence-review/interventions-li%C3%A9es-%C3%A0-la-sant%C3%A9-publique-en-pr%C3%A9sence-de-fum%C3%A9e-de-feux-de>>
- Mak, P. W., et Singleton, J. (2017). Burning questions : Exploring the impact of natural disasters on community pharmacies. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 13(1), 162-171.
- Mäkinen, T. M., Juvonen, R., Jokelainen, J., Harju, T. H., Peitso, A., Bloigu, A., Silvennoinen-Kassinen, S., Leinonen, M., et Hassi, J. (2009). Cold temperature and low humidity are associated with increased occurrence of respiratory tract infections. *Respiratory Medicine*, 103(3), 456-462. <<https://doi.org/10.1016/j.rmed.2008.09.011>>
- Maltais, D. (2006). *Impact of the July 1996 floods on older persons in Quebec's Saguenay region*. Université du Québec à Chicoutimi.
- Manning, C., et Clayton, S. (2018). Threats to mental health and wellbeing associated with climate change. In S. Clayton et C. Manning (Eds.), *Psychology and Climate change: Human perceptions, impacts and responses* (pp. 217-44). Amsterdam, Netherlands: Academic Press.
- Manuel, P., Rapaport, E., Keefe, J., et Krawchenko, T. (2015). Coastal climate change and aging communities in Atlantic Canada : A methodological overview of community asset and social vulnerability mapping. *The Canadian Geographer = Le Géographe Canadien*, 59(4), 433-446. <<https://doi.org/10.1111/cag.12203>>
- Mares, D. (2013). Climate change and levels of violence in socially disadvantaged neighborhood groups. *Journal of Urban Health*, 90(4), 768-783. <<https://doi.org/10.1007/s11524-013-9791-1>>
- Marmot Review Team. (2011). *The health impacts of cold homes and fuel poverty*. Friends of the Earth et Marmot Review Team. Consulté sur le site: <<https://www.instituteoftheequity.org/resources-reports/the-health-impacts-of-cold-homes-and-fuel-poverty/the-health-impacts-of-cold-homes-and-fuel-poverty.pdf>>
- Martel, B., Ouarda, T. B., Vanasse, A., Chebana, F., Orzanco, M. G., Charron, C., Courteau, J., Asghari, S., et Gosselin, P. (2010). Modélisation des fractures de la hanche en fonction de variables météorologiques à l'aide du modèle GAM dans deux régions métropolitaines du Québec, Canada. INRS, Centre Eau, Terre et Environnement.
- Martin, S. L., Cakmak, S., Hebborn, C. A., Avramescu, M.-L., et Tremblay, N. (2012). Climate change and future temperature-related mortality in 15 Canadian cities. *International Journal of Biometeorology*, 56(4), 605-619. <<https://doi.org/10.1007/s00484-011-0449-y>>
- Martinez Garcia, D., et Sheehan, M. C. (2016). Extreme weather-driven disasters and children's health. *International Journal of Health Services*, 46(1), 79-105. <<https://doi.org/10.1177/0020731415625254>>
- Matz, C. J., Egyed, M., Xi, G., Racine, J., Pavlovic, R., Rittmaster, R., Henderson, S. B., et Stieb, D. M. (2020). Health impact analysis of PM<sub>2.5</sub> from wildfire smoke in Canada (2013-2015, 2017-2018). *The Science of the Total Environment*, 725, 138-506. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138506>>

- Mavrogianni, A., Wilkinson, P., Davies, M., Biddulph, P., et Oikonomou, E. (2012). Building characteristics as determinants of propensity to high indoor summer temperatures in London dwellings. *Building and Environment*, 55, 117-130.
- Mayer-Jouanjan, I., et Bleau, N. (2018). *Historique des sinistres d'inondations et d'étiages et des conditions météorologiques associées*. Ouranos.
- McClelland, E., Amlôt, R., Rogers, M. B., Rubin, G. J., Tesh, J., et Pearce, J. M. (2017). Psychological and physical impacts of extreme events on older adults : Implications for communications. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 11(1), 127-134.
- McIntyre, K. M., Setzkorn, C., Hepworth, P. J., Morand, S., Morse, A. P., et Baylis, M. (2017). Systematic assessment of the climate sensitivity of important human and domestic animals pathogens in Europe. *Scientific reports*, 7(1), 7134.
- McKinley, A., Janda, M., Auster, J., et Kimlin, M. (2011). In vitro model of vitamin D synthesis by UV radiation in an Australian urban environment. *Photochemistry and Photobiology*, 87(2), 447-451. <<https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2010.00865.x>>
- McLean, K., Yao, J., et Henderson, S. (2015). An evaluation of the British Columbia Asthma Monitoring System (BCAMS) and PM2.5 exposure metrics during the 2014 forest fire season. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(6), 6710-6724. <<https://doi.org/10.3390/ijerph120606710>>
- McMartin, D. W., Merino, B. H. H., Bonsal, B., Hurlbert, M., Villalba, R., Ocampo, O. L., Upegui, J. J. V., Poveda, G., et Sauchyn, D. J. (2018). Limitations of water resources infrastructure for reducing community vulnerabilities to extremes and uncertainty of flood and drought. *Environmental Management*, 62, 1038-1047.
- McMichael, A. J. (2015). Extreme weather events and infectious disease outbreaks. *Virulence*, 6(6), 543-547. <<https://doi.org/10.4161/21505594.2014.975022>>
- Medina, A., Akbar, A., Baazeem, A., Rodriguez, A. et Magan, N. (2017). Climate change, food security and mycotoxins: do we know enough? *Fungal Biology Reviews*, 31(3), 143-154. doi:10.1016/j.fbr.2017.04.002
- Mehiriz, K., et Gosselin, P. (2016). Municipalities' Preparedness for Weather Hazards and Response to Weather Warnings. *PLOS ONE*, 11(9), e0163390. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163390>>
- Mehiriz, K., et Gosselin, P. (2017). Évaluation du projet pilote d'alertes téléphoniques automatisées pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog. Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement. Consulté sur le site: <<http://espace.inrs.ca/6285/>>
- Mehiriz, K., Gosselin, P., Tardif, I., Lemieux, M.-A., Mehiriz, K., Gosselin, P., Tardif, I., et Lemieux, M.-A. (2018). The effect of an automated phone warning and health advisory system on adaptation to high heat episodes and health services use in vulnerable groups—Evidence from a randomized controlled study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8), 1581. <<https://doi.org/10.3390/ijerph15081581>>
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). (2019). *Carte de susceptibilité aux affaissements de sol associés au dégel du pergélisol*. Cartographie écologique du Nord québécois. Consulté sur le site: <<https://mffp.gouv.qc.ca/les-forets/inventaire-ecoforestier/nord-quebecois/cartographie-ecologique/>>
- Mitchell, D. (2011). The relationship between Vitamin D and cancer. *Clinical Journal of Oncology Nursing*, 15(5), 557-560. <<https://doi.org/10.1188/11.CJON.557-560>>
- Modarres, R., Ouarda, T. B., Vanasse, A., Orzanco, M. G., et Gosselin, P. (2014). Modeling climate effects on hip fracture rate by the multivariate GARCH model in Montreal region, Canada. *International Journal of Biometeorology*, 58(5), 921-930.
- Modenese, A., Korpinen, L., et Gobba, F. (2018). Solar radiation exposure and outdoor work : An underestimated occupational risk. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10), 2063. <<https://doi.org/10.3390/ijerph15102063>>
- 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://ccnse.ca/content/les-%C3%A9closions-de-maladies-d%E2%80%99origine-hydrique-dans-les-petits-r%C3%A9seaux-d%E2%80%99alimentation-en-eau>>
- Moghadamnia, M. T., Ardalan, A., Mesdaghinia, A., Keshtkar, A., Naddafi, K., et Yekaninejad, M. S. (2017). Ambient temperature and cardiovascular mortality : A systematic review and meta-analysis. *Peerj*, 5, e3574. <<https://doi.org/10.7717/peerj.3574>>
- Monteiro, A. F., Rato, M., et Martins, C. (2016). Drug-induced photosensitivity : Photoallergic and phototoxic reactions. *Clinics in Dermatology*, 34(5), 571-581. <<https://doi.org/10.1016/j.clinidermatol.2016.05.006>>
- Moquin, P. A., et Wrona, F. J. (2015). Effects of permafrost degradation on water and sediment quality and heterotrophic bacterial production of Arctic tundra lakes : An experimental approach. *Limnology and Oceanography*, 60(5), 1484-1497. <<https://doi.org/10.1002/lno.10110>>
- Morency, P., Voyer, C., Burrows, S., et Goudreau, S. (2012). Outdoor falls in an urban context: winter weather impacts and geographical variations. *Canadian Journal of Public Health = Revue Canadienne de Sante Publique*, 103(3), 218-222. <<https://doi.org/10.1007/BF03403816>>

- Morin, M. (2008). *Concepts de base en sécurité civile*. Québec, QC: Ministère de la Sécurité publique. Consulté sur le site : <[https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/fileadmin/Documents/securite\\_civile/publications/concepts\\_base/concepts\\_base.pdf](https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/fileadmin/Documents/securite_civile/publications/concepts_base/concepts_base.pdf)>
- Moritz, M. A., Batllori, E., Bradstock, R. A., Gill, A. M., Handmer, J., Hessburg, P. F., Leonard, J., McCaffrey, S., Odion, D. C., Schoennagel, T., et Syphard, A. D. (2014). Learning to coexist with wildfire. *Nature*, 515(7525), 58-66. <<https://doi.org/10.1038/nature13946>>
- Moudrak, N., Feltmate, B., Venema, H., et Osman, H. (2018). *Lutter contre la hausse du coût des inondations au Canada : L'infrastructure naturelle est une option sous-utilisée*. Bureau d'Assurance du Canada, University of Waterloo, Intact Centre on Climate Adaptation, and International Institute for Sustainable Development. Consulté sur le site : <<http://assets.abc.ca/Documents/Resources/IBC-Natural-Infrastructure-Report-2018-FR.pdf>>
- Mulchandani, R., Smith, M., Armstrong, B., English National Study of Flooding and Health Study Group, Beck, C. R., et Oliver, I. (2019). Effect of insurance-related factors on the association between flooding and mental health outcomes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7), 1174. <<https://doi.org/10.3390/ijerph16071174>>
- Munro, A., Kovats, R. S., Rubin, G. J., Waite, T. D., Bone, A., et Armstrong, B. (2017). Effect of evacuation and displacement on the association between flooding and mental health outcomes : A cross-sectional analysis of UK survey data. *The Lancet. Planetary Health*, 1(4), e134-e141. <[https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30047-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30047-5)>
- Murphy, H. M., Thomas, M. K., Schmidt, P. J., Medeiros, D. T., McFadyen, S., et Pintar, K. D. (2016). 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>>
- Na, H. R., Heisler, G. M., Nowak, D. J., et Grant, R. H. (2014). Modeling of urban trees' effects on reducing human exposure to UV radiation in Seoul, Korea. *Urban Forestry et Urban Greening*, 13(4), 785-792. <<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.05.009>>
- Navarro, K. M., Schweizer, D., Balmes, J. R., et Cisneros, R. (2018). A review of community smoke exposure from wildfire compared to prescribed fire in the United States. *Atmosphere*, 9(5), 185.
- Neale, R. E., Barnes, P. W., Robson, T. M., Neale, P. J., Williamson, C. E., Zepp, R. G., ... et Zhu, M. (2021). Environmental effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation, and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, Update 2020. *Photochemical et Photobiological Sciences*, 20(1), 1-67. <<https://doi.org/10.1007/s43630-020-00001-x>>
- Neegan Burnside Ltd. (2011). Évaluation nationale des systèmes d'aqueduc et d'égout des Premières Nations. Consulté sur le site : <<https://www.sac-isc.gc.ca/fra/1313426883501/1533821951118>>
- Ng, F., Wilson, L., et Veitch, C. (2015). Climate adversity and resilience : The voice of rural Australia. *Rural and Remote Health*, 15(4), 1-12.
- Ngom, R., Gosselin, P., et Blais, C. (2016). Reduction of disparities in access to green spaces : Their geographic insertion and recreational functions matter. *Applied Geography*, 66, 35-51. <<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.11.008>>
- Nordio, F., Zanobetti, A., Colicino, E., Kloog, I., et Schwartz, J. (2015). Changing patterns of the temperature-mortality association by time and location in the US, and implications for climate change. *Environment International*, 81, 80-86. <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.04.009>>
- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A., et Hoehn, R. (2013). Modeled PM2.5 removal by trees in ten U.S. cities and associated health effects. *Environmental Pollution*, 178, 395-402. <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.050>>
- O'Brien, L., Berry, H., Coleman, C., et Hanigan, I. (2014). Drought as a mental health exposure. *Environmental Research*, 131, 181-187.
- Ordon, M., Welk, B., Li, Q., Wang, J., Lavigne, E., Yagouti, A., Copes, R., Cakmak, S., et Chen, H. (2016). Ambient temperature and the risk of renal colic : A population-based study of the impact of demographics and comorbidity. *Journal of Endourology*, 30(10), 1138-1143. <<https://doi.org/10.1089/end.2016.0374>>
- Organisation mondiale de la santé. (2013b). *Analyse de la saison grippale 2012-2013 dans l'hémisphère Nord. Relevé épidémiologique hebdomadaire*, 88(22), 225-232. <[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/242074/WER8822\\_225-232.PDF?sequence=1&e1tisAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/242074/WER8822_225-232.PDF?sequence=1&e1tisAllowed=y)>
- Ouranos. (2015). *Vers l'adaptation: Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec – Édition 2015*. Consulté sur le site : <<https://www.ouranos.ca/wp-content/uploads/SyntheseRapportfinal.pdf>>
- Page, C. E., Atkins, D., Shockley, L. W., et Yaron, M. (1999). Avalanche deaths in the United States: a 45-year analysis. *Wilderness et Environmental Medicine*, 10(3), 146-151.
- Page, L. A., Hajat, S., Kovats, R. S., et Howard, L. M. (2012). Temperature-related deaths in people with psychosis, dementia and substance misuse. *The British Journal of Psychiatry*, 200(6), 485-490. <<https://doi.org/10.1192/bjp.bp.111.100404>>
- Parcs Canada. (2018). *Programme de déclenchement préventif d'avalanches au parc national des Glaciers*. Parc national des Glaciers. Consulté sur le site : <<https://www.pc.gc.ca/fr/pn-np/bc/glacier/nature/AvCon2>>

- Parsons, K. (2014). *Human thermal environments : The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance*. CRC press.
- Parsons, N., Odumenya, M., Edwards, A., Lecky, F., et Pattison, G. (2011). Modelling the effects of the weather on admissions to UK trauma units : A cross-sectional study. *Emergency Medicine Journal*, 28(10), 851-855.
- Patrick, C. (2014). *L'itinérance autochtone au Canada : Revue de la littérature*. The Homeless Hub Press. Consulté sur le site : <<https://www.homelesshub.ca/sites/default/files/attachments-fr/L%27itine%CC%81rance%20autochtone%20au%20Canada.pdf>>
- Patrick, R. J. (2018). Adapting to climate change through source water protection : Case studies from Alberta and Saskatchewan, Canada. *The International Indigenous Policy Journal*, 9(3), 1.
- Pendrey, C. G. A., Carey, M., et Stanley, J. (2014). Impacts of extreme weather on the health and well-being of people who are homeless. *Australian Journal of Primary Health*, 20(1), 23. <<https://doi.org/10.1071/PY13136>>
- Peters, C. E., Nicol, A. M., et Demers, P. A. (2012). Prevalence of exposure to solar ultraviolet radiation (UVR) on the job in Canada. *Canadian Journal of Public Health = Revue Canadienne de Sante Publique*, 103(3), 223-226. <<https://doi.org/10.1007/BF03403817>>
- Phung, D., Thai, P. K., Guo, Y., Morawska, L., Rutherford, S., et Chu, C. (2016). Ambient temperature and risk of cardiovascular hospitalization : An updated systematic review and meta-analysis. *The Science of the Total Environment*, 550, 1084-1102. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.154>>
- Pierce, J. R., Morley, S. K., West, T. A., Pentecost, P., Upton, L. A., et Banks, L. (2017). Improving long-term care facility disaster preparedness and response : A literature review. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 11(1), 140-149.
- Pinault, L., et Fioletov, V. (2017). *Exposition au soleil, protection solaire et coup de soleil chez les adultes canadiens*. Statistique Canada. <<http://www.statcan.gc.ca/pub/82-003-x/2017005/article/14792-fra.pdf>>
- Pinault, L., Bushnik, T., Fioletov, V., Peters, C. E., King, W. D., et Tjepkema, M. (2017). The risk of melanoma associated with ambient summer ultraviolet radiation. *Health reports*, 28(5), 3-11.
- Pludowski, P., Holick, M. F., Pilz, S., Wagner, C. L., Hollis, B. W., Grant, W. B., Shoenfeld, Y., Lerchbaum, E., Llewellyn, D. J., Kienreich, K., et Soni, M. (2013). Vitamin D effects on musculoskeletal health, immunity, autoimmunity, cardiovascular disease, cancer, fertility, pregnancy, dementia and mortality—A review of recent evidence. *Autoimmunity Reviews*, 12(10), 976-989. <<https://doi.org/10.1016/j.autrev.2013.02.004>>
- Porcherie, M., Lejeune, M., Gaudel, M., Pommier, J., Faure, E., Heritage, Z., Rican, S., Simos, J., Cantoreggi, N. L., Roué Le Gall, A., Cambon, L., et Regnaud, J.-P. (2018). Urban green spaces and cancer : A protocol for a scoping review. *BMJ Open*, 8(2). <<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-018851>>
- Porritt, S. M., Cropper, P. C., Shao, L., et Goodier, C. I. (2012). Ranking of interventions to reduce dwelling overheating during heat waves. *Energy and Buildings*, 55, 16-27. <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.043>>
- Porter, M. J., et Morgenstern, N. R. (2013). *Landslide risk evaluation—Canadian technical guidelines and best practices related to landslides : A national initiative for loss reduction*. Natural Resources Canada.
- Poursafa, P., Keikha, M., et Kelishadi, R. (2015). Systematic review on adverse birth outcomes of climate change. *Journal of Research in Medical Sciences: The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 20(4), 397.
- Poussin, J. K., Botzen, W. J. W., et Aerts, J. C. J. H. (2014). Factors of influence on flood damage mitigation behaviour by households. *Environmental Science et Policy*, 40, 69-77. <<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.01.013>>
- Poussin, J. K., Wouter Botzen, W. J., et Aerts, J. C. J. H. (2015). Effectiveness of flood damage mitigation measures : Empirical evidence from French flood disasters. *Global Environmental Change*, 31, 74-84. <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.12.007>>
- Powers, J. R., Dobson, A. J., Berry, H. L., Graves, A. M., Hanigan, I. C., et Loxton, D. (2015). Lack of association between drought and mental health in a cohort of 45-61 year old rural Australian women. *Australian and New Zealand journal of public health*, 39(6), 518-523.
- Prairie Climate Centre. (2019). *Atlas climatique du Canada (version 2, 10 juillet 2019)*. Consulté sur le site : <<https://climateatlas.ca>>
- Preval, N., Keall, M., Telfar-Barnard, L., Grimes, A., et Howden-Chapman, P. (2017). Impact of improved insulation and heating on mortality risk of older cohort members with prior cardiovascular or respiratory hospitalisations. *BMJ Open*, 7(11), e018079. <<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-018079>>
- Psarros, C., Theleritis, C., Economou, M., Tzavara, C., Kioulos, K. T., Mantonakis, L., Soldatos, C. R., et Bergiannaki, J.-D. (2017). Insomnia and PTSD one month after wildfires : Evidence for an independent role of the "fear of imminent death". *International Journal of Psychiatry in Clinical Practice*, 21(2), 137-141. <<https://doi.org/10.1080/13651501.2016.1276192>>

- Psarros, C., Theleritis, C., Kokras, N., Lyrakos, D., Koborozos, A., Kakabakou, O., Tzanoulinos, G., Katsiki, P., et Bergiannaki, J. D. (2018). Personality characteristics and individual factors associated with PTSD in firefighters one month after extended wildfires. *Nordic Journal of Psychiatry*, 72(1), 17-23. <<https://doi.org/10.1080/08039488.2017.1368703>>
- Public Health England. (2020). *Heatwave plan for England*. Consulté sur le site: <<https://www.gov.uk/government/publications/heatwave-plan-for-england>>
- Sécurité publique Canada. (2019). *Programme national d'atténuation des catastrophes (PNAC)*. Consulté sur le site : <<https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/mrgnc-mngmnt/dsstr-prvntn-mtgn/ndmp/index-fr.aspx>>
- Radio-Canada. (2018). Érosion des berges : Sainte-Flavie aidera au déménagement d'une cinquantaine de résidences. Consulté sur le site: <<https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1122112/erosion-berges-cotiere-sainte-flavie-relocalisation-residences>>
- Rajaram, N., Hohenadel, K., Gattoni, L., Khan, Y., Birk-Urovitz, E., Li, L., et Schwartz, B. (2016). Assessing health impacts of the December 2013 ice storm in Ontario, Canada. *BMC Public Health*, 16(1), 544.
- Raji, B., Tenpierik, M. J., et van den Dobbelsteen, A. (2015). The impact of greening systems on building energy performance : A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 610-623.
- Ramin, B., et Svoboda, T. (2009). Health of the homeless and climate change. *Journal of Urban Health-Bulletin of the New York Academy of Medicine*, 86(4), 654-664. <<https://doi.org/10.1007/s11524-009-9354-7>>
- Ranson, M. (2014). Crime, weather, and climate change. *Journal of Environmental Economics and Management*, 67(3), 274-302. <<https://doi.org/10.1016/j.jeem.2013.11.008>>
- Rapaport, E., Manuel, P., Krawchenko, T., et Keefe, J. (2015). How can aging communities adapt to coastal climate change ? Planning for both social and place vulnerability. *Canadian Public Policy*, 41(2), 166-177.
- Rappold, A. G., Cascio, W. E., Kilaru, V. J., Stone, S. L., Neas, L. M., Devlin, R. B., et Diaz-Sanchez, D. (2012). Cardio-respiratory outcomes associated with exposure to wildfire smoke are modified by measures of community health. *Environmental Health*, 11(1), 71.
- Rappold, A. G., Fann, N. L., Crooks, J., Huang, J., Cascio, W. E., Devlin, R. B., et Diaz-Sanchez, D. (2014). Forecast-based interventions can reduce the health and economic burden of wildfires. *Environmental Science et Technology*, 48(18), 10571-10579. <<https://doi.org/10.1021/es5012725>>
- Rappold, A. G., Reyes, J., Pouliot, G., Cascio, W. E., et Diaz-Sanchez, D. (2017). Community vulnerability to health impacts of wildland fire smoke exposure. *Environmental Science et Technology*, 51(12), 6674-6682. <<https://doi.org/10.1021/acs.est.6b06200>>
- Ravanelli, N. M., Hodder, S. G., Havenith, G., et Jay, O. (2015). Heart rate and body temperature responses to extreme heat and humidity with and without electric fans. *JAMA*, 313(7), 724-725. <<https://doi.org/10.1001/jama.2015.153>>
- Régie de l'énergie. (2017). Aperçu du marché: Précarité thermique au Canada – efficacité énergétique moindre dans les ménages à plus faible revenu. Consulté sur le site : <<https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/aperçu-marchés/2017/aperçu-marche-precarite-thermique-canada-efficacite-energetique-moins-dans-menages-plus-faible-revenu.html>>
- Regroupement des organismes de bassins versants du Québec. (2019). *Gestion intégrée de l'eau par bassin versant. La gestion intégrée de l'eau par bassin versant - GIEBV*. Consulté sur le site: <<https://robvq.ca/la-giebv/>>
- Reid, C. E., Brauer, M., Johnston, F. H., Jerrett, M., Balmes, J. R., et Elliott, C. T. (2016). Critical review of health impacts of wildfire smoke exposure. *Environmental Health Perspectives*, 124(9), 13-34.
- Remmers, T., Thijs, C., Timperio, A., Salmon, J., Veitch, J., Kremers, S. P. J., et Ridgers, N. D. (2017). Daily weather and children's physical activity patterns. *Medicine et Science in Sports et Exercice*, 49(5), 922-929. <<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001181>>
- Rezaei, M. (2017). *Power to the people : Thinking (and rethinking) energy poverty in British Columbia, Canada* [Doctorate Thesis, University of British Columbia]. The University of British Columbia. Consulté sur le site: <<https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/24/items/1.0351974>>
- Romps, D. M., Seeley, J. T., Vollaro, D., et Molinari, J. (2014). Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming. *Science*, 346(6211), 851-854. <<https://doi.org/10.1126/science.1259100>>
- Ross, A. C., Manson, J. E., Abrams, S. A., Aloia, J. F., Brannon, P. M., Clinton, S. K., Durazo-Arvizu, R. A., Gallagher, J. C., Gallo, R. L., Jones, G., Kovacs, C. S., Mayne, S. T., Rosen, C. J., et Shapses, S. A. (2011). The 2011 report on dietary reference intakes for calcium and vitamin D from the institute of medicine : What clinicians need to know. *The Journal of Clinical Endocrinology et Metabolism*, 96(1), 53-58. <<https://doi.org/10.1210/jc.2010-2704>>

- Rouquette, A., Mandereau-Bruno, L., Baffert, E., Laaidi, K., Jossier, L., et Isnard, H. (2011). Surveillance hivernale des effets du froid sur la santé des populations sans-domicile en région Île-de-France : Utilisation des données du réseau d'Organisation de la surveillance coordonnée des urgences (Oscour®). *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 59(6), 359-368. <<https://doi.org/10.1016/j.respe.2011.05.006>>
- Rucker, D., Allan, J. A., Fick, G. H. et Hanley, D. A. (2002). Vitamin D insufficiency in a population of healthy western Canadians. *CMAJ*, 166(12), 1517-1524.
- Ryan, B. J., Franklin, R. C., Burkle, F. M., Watt, K., Aitken, P., Smith, E. C., et Leggat, P. (2016). Defining, describing, and categorizing public health infrastructure priorities for tropical cyclone, flood, storm, tornado, and tsunami-related disasters. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 10(4), 598-610.
- Ryti, N. R. I., Guo, Y., et Jaakkola, J. J. K. (2016). Global association of cold spells and adverse health effects : A systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 124(1), 12-22. <<https://doi.org/10.1289/ehp.1408104>>
- Sahni, V., Scott, A. N., Beliveau, M., Varughese, M., Dover, D. C., et Talbot, J. (2016). Public health surveillance response following the southern Alberta floods, 2013. *Canadian Journal of Public Health*, 107(2), e142-e148. <<https://doi.org/10.17269/cjph.107.5188>>
- Sakamoto, R. (2015). Legionnaire's disease, weather and climate. *Bulletin of the World Health Organization*, 93(6), 435-436. <<https://doi.org/10.2471/BLT.14.142299>>
- Salamanca, F., Georgescu, M., Mahalov, A., Moustou, M. et Wang, M. (2014). Anthropogenic heating of the urban environment due to air conditioning. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(10), 5949-5965. doi:10.1002/2013JD021225
- Sanborn, M., et Takaro, T. (2013). Recreational water-related illness: Office management and prevention. *Canadian Family Physician*, 59(5), 491-495.
- Sandhu, P. K., Elder, R., Patel, M., Saraiya, M., Holman, D. M., Perna, F., Smith, R. A., Buller, D., Sinclair, C., Reeder, A., Makin, J., McNoe, B., et Glanz, K. (2016). Community-based interventions to prevent skin cancer : Two community guide systematic reviews. *American journal of preventive medicine*, 51(4), 531-539. <<https://doi.org/10.1016/j.amepre.2016.03.020>>
- Santamouris, M. (2014). Cooling the cities—a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*, 103, 682-703.
- Santé Canada. (2011). *Lignes directrices à l'intention des travailleurs de la santé pendant les périodes de chaleur accablante : Un guide technique*. Consulté sur le site : <<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/changement-climatique-sante/lignes-directrices-intention-travailleurs-sante-pendant-periodes-chaleur-accablante-guide-technique.html>>
- Santé Canada. (2012). Élaboration de systèmes d'avertissement et d'intervention en cas de chaleur afin de protéger la santé : Guide des pratiques exemplaires. Consulté sur le site : <<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/changement-climatique-sante/elaboration-systemes-avertissement-intervention-cas-chaleur-afin-protoger-sante-guide-pratiques-exemplaires.html>>
- Santé Canada. (2018). *Sécurité au soleil*. Consulté sur le site : <<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/secureite-soleil.html>>
- Santé Canada. (2020a). *Chaleur extrême et COVID-19: Facteurs à prendre en compte pour les programmes de santé liés à la chaleur dans le contexte de la COVID-19*. Conseils aux responsables de la santé publique.
- Santé Canada. (2020b). *Réduire les îlots de chaleur urbains pour protéger la santé au Canada - Introduction pour les professionnels de la santé publique*. Consulté sur le site : <<https://www.canada.ca/fr/services/sante/publications/vie-saine/reduire-ilots-chaleur-urbains-protoger-sante-canada.html>>
- Sartini, C., Barry, S. J. E., Wannamethee, S. G., Whincup, P. H., Lennon, L., Ford, I., et Morris, R. W. (2016). Effect of cold spells and their modifiers on cardiovascular disease events : Evidence from two prospective studies. *International Journal of Cardiology*, 218, 275-283. <<https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.05.012>>
- Saulnier, D. D., Ribacke, K. B., et von Schreeb, J. (2017). No calm after the storm : A systematic review of human health following flood and storm disasters. *Prehospital and Disaster Medicine*, 32(5), 568-579.
- Schmeltz, M. T., Sembajwe, G., Marcotullio, P. J., Grassman, J. A., Himmelstein, D. U., et Woolhandler, S. (2015). Identifying individual risk factors and documenting the pattern of heat-related illness through analyses of hospitalization and patterns of household cooling. *PLOS ONE*, 10(3), e0118958. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118958>>
- Schmitt, J., Seidler, A., Diepgen, T. I., et Bauer, A. (2011). Occupational ultraviolet light exposure increases the risk for the development of cutaneous squamous cell carcinoma : A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Dermatology*, 164(2), 291-307. <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2010.10118.x>>



- Schuster, P. F., Schaefer, K. M., Aiken, G. R., Antweiler, R. C., Dewild, J. F., Gryziec, J. D., Gusmeroli, A., Hugelius, G., Jafarov, E., Krabbenhoft, D. P., Liu, L., Herman-Mercer, N., Mu, C., Roth, D. A., Schaefer, T., Striegl, R. G., Wickland, K. P., et Zhang, T. (2018). Permafrost stores a globally significant amount of mercury. *Geophysical Research Letters*, 45(3), 1463-1471. <<https://doi.org/10.1002/2017GL075571>>
- Services aux Autochtones Canada. (2020a). *Avis sur la qualité de l'eau à court terme*. Ottawa, Ontario. Consulté sur le site : <<https://www.sac-isc.gc.ca/fra/1562856509704/1562856530304>>
- Services aux Autochtones Canada. (2020b). *Lever les avis concernant la qualité de l'eau potable à long terme*. Ottawa, Ontario. Consulté sur le site : <<https://www.sac-isc.gc.ca/fra/1506514143353/1533317130660>>
- Shore-Lorenti, C., Brennan, S. L., Sanders, K. M., Neale, R. E., Lucas, R. M., et Ebeling, P. R. (2014). Shining the light on sunshine : A systematic review of the influence of sun exposure on type 2 diabetes mellitus-related outcomes. *Clinical Endocrinology*, 81(6), 799-811. <<https://doi.org/10.1111/cen.12567>>
- Sillmann, J., Kharin, V., Zwiers, F., Zhang, X., et Bronaugh, D. (2013). Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble : Part 2. Future climate projections. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(6), 2473-2493.
- Silver, A., et Grek-Martin, J. (2015). "Now we understand what community really means" : Reconceptualizing the role of sense of place in the disaster recovery process. *Journal of Environmental Psychology*, 42, 32-41. <<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.01.004>>
- Simpson, S., van der Mei, I., Lucas, R. M., Ponsonby, A.-L., Broadley, S., Blizzard, L., et Taylor, B. (2018). Sun exposure across the life course significantly modulates early multiple sclerosis clinical course. *Frontiers in Neurology*, 9, 16. <<https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00016>>
- Sinickas, A., Jamieson, B., et Maes, M. A. (2016). Snow avalanches in western Canada : Investigating change in occurrence rates and implications for risk assessment and mitigation. *Structure and Infrastructure Engineering*, 12(4), 490-498. <<https://doi.org/10.1080/15732479.2015.1020495>>
- Sloka, J., Pryse-Phillips, W., et Stefanelli, M. (2008). The relation of ultraviolet radiation and multiple sclerosis in Newfoundland. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 35(1), 69-74.
- Smargiassi, A., Goldberg, M. S., Plante, C., Fournier, M., Baudouin, Y., et Kosatsky, T. (2009). Variation of daily warm season mortality as a function of micro-urban heat islands. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 63(8), 659-664. <<https://doi.org/10.1136/jech.2008.078147>>
- Smith, B. A., et Fazil, A. (2019). Increased risk of microbial foodborne diseases with climate change. *Canada Communicable Disease Report*, 45(4), 108-113. <<https://doi.org/10.14745/ccdr.v45i04a05>>
- Smith, H. G., Sheridan, G. J., Lane, P. N., Nyman, P., et Haydon, S. (2011). Wildfire effects on water quality in forest catchments : A review with implications for water supply. *Journal of Hydrology*, 396(12), 170-192.
- Société canadienne du cancer. (2019). *Publications*. Consulté sur le site : <<https://cancer.ca/fr/cancer-information/resources/publications>>
- Song, X., Wang, S., Hu, Y., Yue, M., Zhang, T., Liu, Y., Tian, J., et Shang, K. (2017). Impact of ambient temperature on morbidity and mortality : An overview of reviews. *The Science of the Total Environment*, 586, 241-254. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.212>>
- Stanke, C., Kerac, M., Prudhomme, C., Medlock, J., et Murray, V. (2013). Health effects of drought: a systematic review of the evidence. *PLoS Currents*, 5, ecurrents.dis.7a2cee9e980f91ad7697b570bcc4b004. <<https://doi.org/10.1371/currents.dis.7a2cee9e980f91ad7697b570bcc4b004>>
- Stares, J. (2014). *Evidence review : Use of evacuation to protect public health during wildfire smoke events* (C. Elliott et K. Rideout, Eds.). British Columbia Center for Disease Control. Consulté sur le site : <[http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Guidelines%20and%20Forms/Guidelines%20and%20Manuals/Health-Environment/WFSG\\_EvidenceReview\\_Evacuation\\_FINAL\\_V3\\_edstrs.pdf](http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Guidelines%20and%20Forms/Guidelines%20and%20Manuals/Health-Environment/WFSG_EvidenceReview_Evacuation_FINAL_V3_edstrs.pdf)>
- Statistique Canada. (2020). *Graphique 3 État des logements des Premières Nations, des Métis et des Inuits, Canada, 2016*. Consulté sur le site : <<https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/200417/cg-b003-fra.htm>>
- Stephani, E., Fortier, D., Shur, Y., Fortier, R., et Doré, G. (2014). A geosystems approach to permafrost investigations for engineering applications, an example from a road stabilization experiment, Beaver Creek, Yukon, Canada. *Cold Regions Science and Technology*, 100, 20-35. <<https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2013.12.006>>
- Sterk, A., Schijven, J., de Nijs, T., et de Roda Husman, A. M. (2013). Direct and indirect effects of climate change on the risk of infection by water-transmitted pathogens. *Environmental science et technology*, 47(22), 12648-12660. <<https://doi.org/10.1021/es403549s>>
- St-Hilaire, A., Steiger, H., Liu, A., Laplante, D. P., Thaler, L., Magill, T., et King, S. (2015). A prospective study of effects of prenatal maternal stress on later eating-disorder manifestations in affected offspring : Preliminary indications based on the project ice storm cohort. *International Journal of Eating Disorders*, 48(5), 512-516.

- Stone, B., Hess, J. J., et Frumkin, H. (2010). Urban form and extreme heat events : Are sprawling cities more vulnerable to climate change than compact cities? *Environmental Health Perspectives*, 118(10), 1425-1428. <<https://doi.org/10.1289/ehp.0901879>>
- Stone, B., Vargo, J., Liu, P., Habeeb, D., DeLucia, A., Trail, M., Hu, Y., et Russell, A. (2014). Avoided heat-related mortality through climate adaptation strategies in three US cities. *Plos One*, 9(6), e100852. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100852>>
- Strand, L. B., Barnett, A. G., et Tong, S. (2011). The influence of season and ambient temperature on birth outcomes : A review of the epidemiological literature. *Environmental Research*, 111(3), 451-462. <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.01.023>>
- Sun, Z., Chen, C., Xu, D., et Li, T. (2018). Effects of ambient temperature on myocardial infarction : A systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution*, 241, 1106-1114. <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.045>>
- Sutherland, L.-A., et Glendinning, T. (2008). Farm family coping with stress : The impact of the 1998 ice storm. *Journal of Comparative Family Studies*, 39(4), 527-543.
- Tallis, M., Taylor, G., Sinnett, D., et Freer-Smith, P. (2011). Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments. *Landscape and Urban Planning*, 103(2), 129-138. <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.07.003>>
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., Zhen, X., Yuan, D., Kalkstein, A. J., et Li, F. (2010). The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *International Journal of Biometeorology*, 54(1), 75-84.
- Tapsell, S. M., et Tunstall, S. M. (2008). "I wish I'd never heard of Banbury" : The relationship between 'place' and the health impacts from flooding. *Health et Place*, 14(2), 133-154. <<https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2007.05.006>>
- Tempark, T., Lueangarun, S., Chatproedprai, S., et Wananukul, S. (2013). Flood-related skin diseases : A literature review. *International Journal of Dermatology*, 52(10), 1168-1176. <<https://doi.org/10.1111/jid.12064>>
- Tereszczuk, K. A., Rochon, Y. J., McLinden, C. A., et Vaillancourt, P. A. (2018). Optimizing UV Index determination from broadband irradiances. *Geoscientific Model Development*, 11(3), 1093-1113. <<https://doi.org/10.5194/gmd-11-1093-2018>>
- The Ontario Sun Safety Working Group. (2010). *Sun Exposure and Protective Behaviours in Ontario: An Ontario Report Based on the 2006 Second National Sun Survey*. Toronto, ON: Canadian Cancer Society, Ontario Division. Consulté sur le site: <<http://www.cancercareontario.ca/sites/ccocancercare/files/assets/CCOSunExposure.pdf>>
- Thistlethwaite, J., Henstra, D., Peddle, S., et Daniel, S. (2017). *Canadian voices on changing flood risk—Findings from a National Survey*. University of Waterloo. Consulté sur le site: <<https://uwaterloo.ca/climate-centre/news/canadian-voices-changing-flood-risk-findings-national-survey>>
- Thistlethwaite, J., Minano, A., Henstra, D., Scott, D. (2020). *Indigenous Reserve Lands in Canada Face High Flood Risk*. Centre for International Governance Innovation. Policy Brief No. 159. Consulté sur le site: <<https://www.cigionline.org/sites/default/files/documents/PB%20no.159.pdf>>
- Thompson, R., Garfin, D. R., et Silver, R. C. (2017). Evacuation from natural disasters : A systematic review of the literature. *Risk Analysis*, 37(4), 812-839.
- Thompson, R., Hornigold, R., Page, L., et Waite, T. (2018). Associations between high ambient temperatures and heat waves with mental health outcomes : A systematic review. *Public Health*, 161, 171-191. <<https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.06.008>>
- Thomson, H., Snell, C., et Bouzarovski, S. (2017). Health, well-being and energy poverty in Europe : A comparative study of 32 European countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(6). <<https://doi.org/10.3390/ijerph14060584>>
- Thordardottir, E. B., Valdimarsdottir, U. A., Hansdottir, I., Resnick, H., Shipherd, J. C., et Gudmundsdottir, B. (2015). Posttraumatic stress and other health consequences of catastrophic avalanches : A 16-year follow-up of survivors. *Journal of Anxiety Disorders*, 32, 103-111. <<https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2015.03.005>>
- Toloo, G., FitzGerald, G., Aitken, P., Verrall, K., et Tong, S. (2013). Evaluating the effectiveness of heat warning systems : Systematic review of epidemiological evidence. *International Journal of Public Health*, 58(5), 667-681. <<https://doi.org/10.1007/s00038-013-0465-2>>
- Touchaei, A. G., et Akbari, H. (2015). Evaluation of the seasonal effect of increasing albedo on urban climate and energy consumption of buildings in Montreal. *Urban Climate*, 14, 278-289. <<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.09.007>>
- Toutant, S., Gosselin, P., Bélanger, D., Bustinza, R., et Rivest, S. (2011). An open source web application for the surveillance and prevention of the impacts on public health of extreme meteorological events: the SUPREME system. *International Journal of Health Geographics*, 10, 39. <<https://doi.org/10.1186/1476-072X-10-39>>
- Townshend, I., Awosoga, O., Kulig, J., Botey, A. P., Shepard, B., et McFarlane, B. (2015). Impacts of wildfires on school children : A case study of Slave Lake, Alberta, Canada. *International Journal of Mass Emergencies et Disasters*, 33(2), 148-187.

- Traffic Injury Research Foundation (TIRF). (2012). *Winter tires: A review of research on effectiveness and use*. Consulté sur le site: <[https://tirf.ca/wp-content/uploads/2017/01/2012\\_Winter\\_Tire\\_Report\\_7.pdf](https://tirf.ca/wp-content/uploads/2017/01/2012_Winter_Tire_Report_7.pdf)>
- Tunstall, S., Tapsell, S., Green, C., Floyd, P., et George, C. (2006). The health effects of flooding : Social research results from England and Wales. *Journal of Water and Health*, 4(3), 365-380. <<https://doi.org/10.2166/wh.2006.031>>
- Turcotte-Tremblay, A. M., Lim, R., Laplante, D. P., Kobzik, L., Brunet, A., et King, S. (2014). Prenatal maternal stress predicts childhood asthma in girls: project ice storm. *BioMed Research International*, 2014, 201717. <<https://doi.org/10.1155/2014/201717>>
- Turner, L., Alderman, K., et Tong, S. (2012a). The 2011 Brisbane floods affected residents' health. *Medical Journal of Australia*, 197(4), 214-216.
- Turner, L. R., Barnett, A. G., Connell, D., et Tong, S. (2012b). Ambient temperature and cardiorespiratory morbidity : A systematic review and meta-analysis. *Epidemiology*, 23(4), 594-606. <<https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3182572795>>
- Uscher-Pines, L. (2009). Health effects of relocation following disaster : A systematic review of the literature. *Disasters*, 33(1), 122. <<https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2008.01059.x>>
- U.S. Climate Resilience Toolkit. (2017). *Iñupiat Work to Preserve Food and Traditions on Alaska's North Slope*. Case study. Consulté sur le site: <<https://toolkit.climate.gov/case-studies/i%C3%B1upiat-work-preserve-food-and-traditions-alaskas-north-slope>>
- Vahmani, P., Jones, A. D., et Patricola, C. M. (2019). Interacting implications of climate change, population dynamics, and urban heat mitigation for future exposure to heat extremes. *Environmental Research Letters*, 14(8), 084051. <<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab28b0>>
- Valois, P., Bouchard, D., Talbot, D., Caron, M., Renaud, J. S., Gosselin, P. et Jacob, J. (2020a). Adoption of flood-related preventive behaviours by people having different risks and histories of flooding. *Natural Hazards*, 102(3), 1155-1173. <<https://doi.org/10.1007/s11069-020-03950-9>>
- Valois, P., Caron, M., Gousse-Lessard, A. S., Talbot, D., et Renaud, J. S. (2019). Development and validation of five behavioral indices of flood adaptation. *BMC public health*, 19(1), 1-17. <<https://doi.org/10.1186/s12889-019-6564-0>>
- Valois, P., Jacob, J., Mehiri, K., Talbot, D., Renaud, J.-S. et Caron, M. (2017a). *Portrait de l'adaptation aux changements climatiques dans les organisations du secteur de la santé au Québec*. Université Laval. Consulté sur le site: <[http://www.monclimatmasante.qc.ca/Data/Sites/1/publications/oqacc\\_rapport\\_sante\\_21\\_nov\\_final.pdf](http://www.monclimatmasante.qc.ca/Data/Sites/1/publications/oqacc_rapport_sante_21_nov_final.pdf)>
- Valois, P., Talbot, D., Caron, M., Carrier, M.-P., Morin, A. J. S., Renaud, J.-S., Jacob, J. et Gosselin, P. (2017b). Development and Validation of a Behavioural Index for Adaptation to High Summer Temperatures among Urban Dwellers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(7), 820. <<https://doi.org/10.3390/ijerph14070820>>
- Valois, P., Talbot, D., Bouchard, D., Renaud, J. S., Caron, M., Canuel, M. et Arrambourg, N. (2020b). Using the theory of planned behavior to identify key beliefs underlying heat adaptation behaviors in elderly populations. *Population and Environment*, 41, 480-506. <<https://doi.org/10.1007/s11111-020-00347-5>>
- Vanasse, A., Cohen, A., Courteau, J., Bergeron, P., Chebana, F., Gosselin, P., Rochette, L., Blais, C., et Ouarda, T. B. M. J. (2015). *Impact des inondations importantes sur la santé cardiovasculaire au Québec : Les cas de Saguenay (1996) et de St-Jean-sur-Richelieu (2011) : Rapport final*. INRS, Centre Eau Terre Environnement. Consulté sur le site: <<http://espace.inrs.ca/2814/>>
- Vanasse, A., Cohen, A., Courteau, J., Bergeron, P., Dault, R., Gosselin, P., Blais, C., Bélanger, D., Rochette, L., Chebana, F. (2016a). Association between floods and acute cardiovascular diseases : A population-based cohort study using a geographic information system approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(2), 168. <<https://doi.org/10.3390/ijerph13020168>>
- Vanasse, A., Talbot, D., Chebana, F., Bélanger, D., Gosselin, P., Blais, C., Gamache, P., Giroux, J.-X., et Dault, R. (2016b). *Impact des conditions météorologiques sur le délai de survenue des événements d'insuffisance cardiaque chez les personnes âgées de 65 ans et plus diagnostiquées avec cette condition médicale au Québec, de 2001 à 2011 : Rapport final*. INRS, Centre Eau Terre Environnement. Consulté sur le site: <<http://espace.inrs.ca/5789/>>
- van der Kamp, D. (2016). *Drought, wildfire, and climate change in Metro Vancouver's water supply area*. Metro Vancouver. Consulté sur le site: <<https://sustain.ubc.ca/about/resources/drought-wildfire-and-climate-change-metro-vancouver%E2%80%99s-water-supply-area>>
- van der Leun, J. C., Piacentini, R. D., et Gruijl, F. R. de. (2008). Climate change and human skin cancer. *Photochemical et Photobiological Sciences*, 7(6), 730-733. <<https://doi.org/10.1039/B719302E>>
- Vanos, J. K. (2015). Children's health and vulnerability in outdoor microclimates : A comprehensive review. *Environment International*, 76, 115.
- VanStone, N., van Dijk, A., Chisamore, T., Mosley, B., Hall, G., Belanger, P., et Moore, K. M. (2017). Characterizing the effects of extreme cold using real-time syndromic surveillance, Ontario, Canada, 2010-2016. *Public Health Reports*, 132, 48S-52S. <<https://doi.org/10.1177/0033354917708354>>

- Van Wagner, C. (2015). Feux de forêt au Canada. *L'encyclopédie Canadienne*. Consulté sur le site : <<https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/incendie-forestier>>
- Varghese, B. M., Hansen, A., Bi, P., et Pisaniello, D. (2018). Are workers at risk of occupational injuries due to heat exposure? A comprehensive literature review. *Safety Science*, 110, 380-392. <<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.04.027>>
- Veru, F., Dancause, K., Laplante, D. P., King, S., et Luheshi, G. (2015). Prenatal maternal stress predicts reductions in CD4+lymphocytes, increases in innate-derived cytokines, and a Th2 shift in adolescents : Project Ice Storm. *Physiology et Behavior*, 144, 137-145. <<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.03.016>>
- Vida, S., Durocher, M., Ouarda, T. B. M. J., et Gosselin, P. (2012). Relationship between ambient temperature and humidity and visits to mental health emergency departments in Québec. *Psychiatric Services*, 63(11), 1150-1153. <<https://doi.org/10.1176/appi.ps.201100485>>
- Vieth, R., Cole, D. E., Hawker, G. A., Trang, H. M., et Rubin, L. A. (2001). Wintertime vitamin D insufficiency is common in young Canadian women, and their vitamin D intake does not prevent it. *European Journal of Clinical Nutrition*, 55(12), 1091-1097. <<https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601275>>
- Vins, H., Bell, J., Saha, S., et Hess, J. J. (2015). The mental health outcomes of drought : A systematic review and causal process diagram. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(10), 13251-13275.
- Vodden, K. et Cunsolo, A. (2021) : Collectivités rurales et éloignées; chapitre 3 dans *Le Canada dans un climat en changement : Rapport sur les enjeux nationaux*, (éd.) F.J. Warren et N. Lulham, gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario. Consulté sur le site : <<https://changingclimate.ca/national-issues/fr/>>
- Vonk, J. E., Tank, S. E., Bowden, W. B., Laurion, I., Vincent, W. F., Alekseychik, P., Amyot, M., Billet, M., Canario, J., et Cory, R. M. (2015). Reviews and syntheses : Effects of permafrost thaw on Arctic aquatic ecosystems. *Biogeosciences*, 12(23), 7129-7167.
- Vutcovici, M., Goldberg, M. S., et Valois, M.-F. (2014). Effects of diurnal variations in temperature on non-accidental mortality among the elderly population of Montreal, Quebec, 1984–2007. *International Journal of Biometeorology*, 58(5), 843-852.
- Wachinger, G., Renn, O., Begg, C., et Kuhlicke, C. (2013). The risk perception paradox—Implications for governance and communication of natural hazards. *Risk analysis*, 33(6), 1049-1065.
- Wai, K.-M., Yu, P. K. N., et Lam, K.-S. (2015). Reduction of solar UV radiation due to urban high-rise buildings – a coupled modelling study. *PLoS ONE*, 10(8), e0135562. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135562>>
- Waite, T., Murray, V., et Baker, D. (2014). Carbon monoxide poisoning and flooding : Changes in risk before, during and after flooding require appropriate public health interventions. *PLoS Currents*, 6. <<https://doi.org/10.1371/currents.dis.2b2eb9e15f9b982784938803584487f1>>
- Walder, D. J., Laplante, D. R., Sousa-Pires, A., Veru, F., Brunet, A., et King, S. (2014). Prenatal maternal stress predicts autism traits in 61/2 year-old children : Project Ice Storm. *Psychiatry Research*, 219(2), 353-360. <<https://doi.org/10.1016/j.psychres.2014.04.034>>
- Wang, L., Liu, T., Hu, M., Zeng, W., Zhang, Y., Rutherford, S., Lin, H., Xiao, J., Yin, P., Liu, J., Chu, C., Tong, S., Ma, W., et Zhou, M. (2016a). The impact of cold spells on mortality and effect modification by cold spell characteristics. *Scientific Reports*, 6, 38380. <<https://doi.org/10.1038/srep38380>>
- Wang, X., Lavigne, E., Ouellette-Kuntz, H., et Chen, B. E. (2014). Acute impacts of extreme temperature exposure on emergency room admissions related to mental and behavior disorders in Toronto, Canada. *Journal of Affective Disorders*, 155, 154-161.
- Wang, Yan., Bobb, J. F., Papi, B., Wang, Y., Kosheleva, A., Di, Q., Schwartz, J. D., et Dominici, F. (2016b). Heat stroke admissions during heat waves in 1,916 US counties for the period from 1999 to 2010 and their effect modifiers. *Environmental Health*, 15(1), 83. <<https://doi.org/10.1186/s12940-016-0167-3>>
- Wang, Yupeng., Berardi, U., et Akbari, H. (2015). Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada. *Energy and Buildings*, 114, 2-19.
- Wang, Yuxuan., Xie, Y., Dong, W., Ming, Y., Wang, J., et Shen, L. (2017). Adverse effects of increasing drought on air quality via natural processes. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(20), 1282712843. <<https://doi.org/10.5194/acp-17-12827-2017>>
- Warren, F. et Lulham, N., éditeurs (2021). *Le Canada dans un climat en changement : Rapport sur les enjeux nationaux*; Gouvernement du Canada, Ottawa, ON. Consulté sur le site : <<https://changingclimate.ca/national-issues/fr/>>
- Warsini, S., West, C., Ed, G. D., Res Meth, G. C., Mills, J., et Usher, K. (2014). The psychosocial impact of natural disasters among adult survivors : An integrative review. *Issues in Mental Health Nursing*, 35(6), 420-436.
- Watson, M., Holman, D. M., et Maguire-Eisen, M. (2016). Ultraviolet radiation exposure and its impact on skin cancer risk. *Seminars in Oncology Nursing*, 32(3), 241-254. <<https://doi.org/10.1016/j.soncn.2016.05.005>>
- Weinstein, J. M., Yarnold, P. R., et Hornung, R. L. (2001). Parental knowledge and practice of primary skin cancer prevention : Gaps and solutions. *Pediatric Dermatology*, 18(6), 473-477. <<https://doi.org/10.1046/j.1525-1470.2001.1861996.x>>



- Weller, R. B. (2017). The health benefits of UV radiation exposure through vitamin D production or non-vitamin D pathways. Blood pressure and cardiovascular disease. *Photochemical et Photobiological Sciences*, 16(3), 374-380.
- Wheaton, E., Kulshreshtha, S., Wittrock, V., et Koshida, G. (2008). Dry times : Hard lessons from the Canadian drought of 2001 and 2002. *The Canadian Geographer = Le Géographe Canadien*, 52(2), 241-262. doi:10.1111/j.1541-0064.2008.00211.x
- Williams, S., Hanson-Easey, S., Robinson, G., Pisaniello, D., Newbury, J., Saniotis, A., et Bi, P. (2017). Heat adaptation and place : Experiences in South Australian rural communities. *Regional environmental change*, 17(1), 273-283.
- Willoughby, M., Kipsaina, C., Ferrah, N., Blau, S., Bugeja, L., Ranson, D., et Ibrahim, J. E. (2017). Mortality in nursing homes following emergency evacuation : A systematic review. *Journal of the American Medical Directors Association*, 18(8), 664-670.
- Wintermeyer, E., Ihle, C., Ehnert, S., Stöckle, U., Ochs, G., de Zwart, P., Flesch, I., Bahrs, C., et Nussler, A. K. (2016). Crucial Role of Vitamin D in the Musculoskeletal System. *Nutrients*, 8(6), 319. <<https://doi.org/10.3390/nu8060319>>
- Witham, M. D., Donnan, P. T., Vadiveloo, T., Sniehotta, F. F., Crombie, I. K., Feng, Z., et McMurdo, M. E. T. (2014). Association of day length and weather conditions with physical activity levels in older community dwelling people. *PLOS ONE*, 9(1), e85331. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085331>>
- World Health Organization. (2013a). *Review of evidence on health aspects of air pollution-REVIHAAP Project*. Consulté sur le site: <[http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1)>
- Wotton, B. M., 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), 095003. <<https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7e6e>>
- Wouters, H., De Ridder, K., Poelmans, L., Willems, P., Brouwers, J., Hosseinzadehtalaei, P., Tabari, H., Vanden Broucke, S., van Lipzig, N. P. M., et Demuzere, M. (2017). Heat stress increase under climate change twice as large in cities as in rural areas : A study for a densely populated midlatitude maritime region. *Geophysical Research Letters*, 44(17), 8997-9007. <<https://doi.org/10.1002/2017GL074889>>
- Wright, C. J., Sargeant, J. M., Edge, V. L., Ford, J. D., Farahbakhsh, K., RICC, Shiwak, I., Flowers, C., IHACC Research Team, et Harper, S. L. (2018). Water quality and health in northern Canada: stored drinking water and acute gastrointestinal illness in Labrador Inuit. *Environmental Science and Pollution Research International*, 25(33), 32975-32987. <<https://doi.org/10.1007/s11356-017-9695-9>>
- Xiang, J., Bi, P., Pisaniello, D., et Hansen, A. (2014). Health impacts of workplace heat exposure : An epidemiological review. *Industrial Health*, 52(2), 91-101. <<https://doi.org/10.2486/indhealth.2012-0145>>
- Xu, Z., Etzel, R. A., Su, H., Huang, C., Guo, Y., et Tong, S. (2012). Impact of ambient temperature on children's health : A systematic review. *Environmental Research*, 117, 120-131. <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.07.002>>
- Xu, Z., FitzGerald, G., Guo, Y., Jalaludin, B., et Tong, S. (2016). Impact of heatwave on mortality under different heatwave definitions : A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 89, 193-203.
- Xu, Z., Liu, Y., Ma, Z., Li, S., Hu, W., et Tong, S. (2014a). Impact of temperature on childhood pneumonia estimated from satellite remote sensing. *Environmental Research*, 132, 334-341. <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.04.021>>
- Xu, Z., Sheffield, P. E., Su, H., Wang, X., Bi, Y., et Tong, S. (2014b). The impact of heat waves on children's health : A systematic review. *International Journal of Biometeorology*, 58(2), 239-247. <<https://doi.org/10.1007/s00484-013-0655-x>>
- Yam, J. C. S., et Kwok, A. K. H. (2014). Ultraviolet light and ocular diseases. *International Ophthalmology*, 34(2), 383-400. <<https://doi.org/10.1007/s10792-013-9791-x>>
- Yan, B., Chebana, F., Masselot, P., Campagna, C., Gosselin, P., Ouarda, T. B., et Lavigne, E. (2020). A cold-health watch and warning system, applied to the province of Quebec (Canada). *Science of The Total Environment*, 741, 140-188. <[10.1016/j.scitotenv.2020.140188](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140188)>
- Yao, J., Brauer, M., et Henderson, S. B. (2013). Evaluation of a wildfire smoke forecasting system as a tool for public health protection. *Environmental health perspectives*, 121(10), 1142.
- Yao, J., Stieb, D. M., Taylor, E., et Henderson, S. B. (2020). Assessment of the Air Quality Health Index (AQHI) and four alternate AQHI-Plus amendments for wildfire seasons in British Columbia. *Canadian Journal of Public Health = Revue Canadienne de Sante Publique*, 111(1), 96-106. <<https://doi.org/10.17269/s41997-019-00237-w>>
- Ye, X., Wolff, R., Yu, W., Vaneckova, P., Pan, X., et Tong, S. (2012). Ambient temperature and morbidity : A review of epidemiological evidence. *Environmental Health Perspectives*, 120(1), 19-28. <<https://doi.org/10.1289/ehp.1003198>>
- Youl, P. H., Janda, M., et Kimlin, M. (2009). Vitamin D and sun protection : The impact of mixed public health messages in Australia. *International Journal of Cancer*, 124(8), 1963-1970. <<https://doi.org/10.1002/ijc.24154>>

Young, I., Smith, B. A., et Fazil, A. (2015). A systematic review and meta-analysis of the effects of extreme weather events and other weather-related variables on *Cryptosporidium* and *Giardia* in fresh surface waters. *Journal of Water and Health*, 13(1), 117.

Youssouf, H., Lioussé, C., Roblou, L., Assamoi, E.-M., Salonen, R. O., Maesano, C., Banerjee, S., et Annesi-Maesano, I. (2014). Non-accidental health impacts of wildfire smoke. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(11), 11772-11804.

Yu, W., Mengersen, K., Wang, X., Ye, X., Guo, Y., Pan, X., et Tong, S. (2012). Daily average temperature and mortality among the elderly : A meta-analysis and systematic review of epidemiological evidence. *International Journal of Biometeorology*, 56(4), 569-581. <<https://doi.org/10.1007/s00484-011-0497-3>>

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>>

Zeng, J., Zhang, X., Yang, J., Bao, J., Xiang, H., Dear, K., Liu, Q., Lin, S., Lawrence, W. R., et Lin, A. (2017). Humidity may modify the relationship between temperature and cardiovascular mortality in Zhejiang Province, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(11), 1383.

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/>>

Zimmermann, E., Bracalenti, L., Piacentini, R., et Inostroza, L. (2016). Urban flood risk reduction by increasing green areas for adaptation to climate change. *Procedia Engineering*, 161, 2241-2246. <<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.822>>

Zivin, J. G., et Neidell, M. (2014). Temperature and the allocation of time : Implications for climate change. *Journal of Labor Economics*, 32(1), 126. <<https://doi.org/10.1086/671766>>

Zscheischler, J., Westra, S., Van Den Hurk, B. J., Seneviratne, S. I., Ward, P. J., Pitman, A., AghaKouchak, A., Bresch, D.N., Leonard, M., Wahl, T., et Zhang, X. (2018). Future climate risk from compound events. *Nature Climate Change*, 8(6), 469-477. <<https://doi.org/10.1038/s41558-018-0156-3>>