

LE CLIMAT S'INVITE DANS NOS URGENCES

Les impacts sur la santé des changements climatiques

Rédigé dans le cadre de la Journée d'Action politique 2019
Fédération médicale étudiante du Québec



*Mémoire rédigé dans le cadre de la Journée d'action politique 2019 de la Fédération médicale étudiante
du Québec*

Publié le 25 mars 2019
Fédération médicale étudiante du Québec
630 rue Sherbrooke Ouest, Bureau 510
Montréal, Québec

Pour toutes questions ou commentaires concernant le mémoire, veuillez contacter la Fédération médicale étudiante du Québec au courriel suivant : politique@fmeq.ca

Sous la direction de

Guillaume Roy, délégué aux affaires politiques, Fédération médicale étudiante du Québec
Roxanne St-Pierre Alain, déléguée aux affaires internationales et communautaires, Fédération
médicale étudiante du Québec

Rédigé par

Charles-Antoine Barbeau-Meunier, étudiant en médecine, Université de Sherbrooke
Diego Mauricio Cuellar Castro, représentant aux affaires externes, Association des étudiantes et
étudiants en médecine de l'Université de Montréal – campus Trois-Rivières
Florence Julien, étudiante en médecine, Université Sherbrooke
Catherine Kim-Anh Nguyen, étudiante en médecine, Université de Montréal
Rosa Lakabi, secrétaire générale, IFMSA-Québec
Camille Lebel, représentante aux affaires externes, Association des étudiantes et étudiants en
médecine de l'Université de Montréal
Julien Lépine, étudiant en médecine, Université de Montréal – campus Trois-Rivières
Marie-Christine Milot, déléguée au développement durable, Association générale étudiante de
médecine de l'Université de Sherbrooke
Quoc-Viet Vincent Pham, délégué aux finances et ressources humaines, Fédération médicale
étudiante du Québec
Giangeet Kaur Ramburn, étudiante en médecine, Université McGill
Guillaume Roy, délégué aux affaires politiques, Fédération médicale étudiante du Québec
Roxanne St-Pierre Alain, déléguée aux affaires internationales et communautaires, Fédération
médicale étudiante du Québec
Ghassen Soufi, étudiant en médecine, Université McGill

Révision et mise en page

Francine Auger, adjointe à l'exécutif, Fédération médicale étudiante du Québec
Maxime Morin-Lavoie, délégué aux affaires internes, Fédération médicale étudiante du Québec
Guillaume Roy, délégué aux affaires politiques, Fédération médicale étudiante du Québec
Roxanne St-Pierre Alain, déléguée aux affaires internationales et communautaires, Fédération
médicale étudiante du Québec

Remerciements

Dr Pierre Gosselin, médecin chercheur, Institut national de santé publique du Québec

Table des matières

INTRODUCTION	7
CONTEXTUALISATION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	8
Chlorofluorocarbures (CFC)	8
Les gaz à effet de serre (GES)	8
Augmentation des précipitations et inondations	9
Îlots et vagues de chaleur	10
Vecteurs infectieux	11
Conditions climatiques extrêmes	12
Feux de forêt et qualité de l'air	12
IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA SANTÉ	14
Principales problématiques liées aux changements climatiques causant des impacts sur la santé des Québécois	14
Les inondations	14
Canicules et îlots de chaleur	15
Amplification et migration des vecteurs de maladies infectieuses	17
Événements climatiques extrêmes	18
Feux de forêts	20
Pollution de l'air	20
Santé mentale et stress	22
Prévision de l'impact des changements climatiques sur la santé dans les prochaines années	23
Migrants	23
Communautés autochtones	24
Les populations du Nord-du-Québec et des autres régions éloignées : l'impact de l'économie locale sur la santé	25
Les personnes âgées	27
Enfants	27
LA LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES COMME POLITIQUE DE SANTÉ PUBLIQUE	29
Impacts sur la population et le système de santé	29
Impact économique	29
Coût économique global	30
Investissements en santé publique	30
MESURES ENVIRONNEMENTALES POUR DIMINUER LES PROBLÈMES DE SANTÉ	32
Diminuer les gaz à effet de serre	32
Favoriser une transition énergétique	32
Prix sur le carbone	35
Des mesures pour réduire la pollution de l'air	36
S'adapter pour atténuer les effets des changements climatiques sur la santé	37
Le verdissement urbain : protéger la santé des québécois des changements climatiques avec les arbres	37
Des mesures pour mieux comprendre la situation actuelle et son évolution : le savoir permet de vaincre	39
Mise en place de systèmes de surveillance et d'adaptation	40
CONCLUSION	42
BIBLIOGRAPHIE	43

Présentation de la FMEQ et d'IFMSA-Québec

Fondée en 1974, la Fédération médicale étudiante du Québec (FMEQ) représente plus de 4000 étudiants et étudiantes en médecine répartis dans les quatre facultés et six campus du Québec offrant ce programme, sans oublier le campus de Moncton au Nouveau-Brunswick. Elle permet de regrouper les étudiants afin d'établir une collaboration optimale entre eux et de porter une voix unique, plus puissante. Elle a pour mission la représentation et la défense de leurs intérêts communs, sur les plans académiques, sociaux, politiques et du bien-être.

Les étudiants et étudiantes en médecine ont à cœur de s'impliquer et de se mobiliser pour un Québec plus sain, pour des soins de qualité aux patients et pour des services adaptés à leurs besoins. C'est pourquoi la FMEQ s'est impliquée au cours des dernières années sur des sujets comme la promotion d'une assurance médicaments publique universelle, l'amélioration de la couverture vaccinale au Québec, la taxation des boissons sucrés, la légalisation du cannabis, le don d'organe et bien d'autres.

En 2002, soucieuse de l'implication sociale de ses membres, la FMEQ a fondé IFMSA-Québec, sa division internationale et communautaire. Celle-ci a pour mission la sensibilisation et la mobilisation des étudiants et étudiantes en médecine du Québec autour des enjeux sociaux, communautaires et mondiaux de la santé. Présente dans les six campus de médecine de la province, IFMSA-Québec offre de multiples activités de formation et congrès en santé ; organise plus de 150 échanges à l'étranger par année ; coordonne six projets d'éducation par les pairs dans les écoles du Québec ; se positionne sur les enjeux d'actualité et travaille de pair avec de multiples partenaires externes, toujours dans l'objectif de former des jeunes médecins pour qui le stéthoscope est un levier d'action.

INTRODUCTION

Les 20 dernières années ont vu l'émergence du sujet des changements climatiques comme un enjeu incontournable de la politique canadienne et québécoise. Les preuves ne sont plus à faire que les changements climatiques et le réchauffement planétaire sont bien réels, et surtout que les humains sont les premiers responsables de ces événements. Les impacts des changements climatiques sont bien réels et diversifiés : entraves à certains secteurs de l'économie, augmentation des catastrophes naturelles, baisse de la diversité de la faune et la flore et bien d'autres raisons sont évoquées pour nous inciter à combattre les changements climatiques. Cependant, on parle rarement de l'effet de tous ces changements climatiques sur la santé.

Il est maintenant indéniable que les changements climatiques ont un impact sur la santé humaine et cet impact est déjà visible et marqué aujourd'hui. Les quelque 90 décès causés l'été dernier par la canicule ayant frappé le Québec en sont un exemple frappant. Au-delà de ces événements qui frappent l'imaginaire collectif, les changements climatiques font quotidiennement de nombreuses victimes sans que l'on s'en rende compte. De nombreuses maladies pulmonaires, cardiaques et infectieuses sont exacerbées par les changements climatiques et même parfois, entièrement causées par ces mêmes changements climatiques.

En plus de causer ou d'exacerber de nombreux problèmes de santé qui surchargent notre système de santé déjà saturé, la pollution entraîne un coût important sur le système de santé en nécessitant des soins et des hospitalisations supplémentaires. La santé physique n'est pas la seule composante atteinte par les changements environnementaux, la santé psychologique est toute autant affectée et à des niveaux bien supérieurs à ce que l'on pourrait même s'attendre.

Comme bien des déterminants sociaux de la santé, l'impact sur la santé des changements climatiques affecte tout particulièrement les populations vulnérables, dont les aînés, les gens à faible revenu et les autochtones. Ces groupes d'individus sont souvent déjà plus à risque de souffrir de problèmes de santé et les changements climatiques ont un effet encore plus important sur leur santé que sur le reste de la population.

Dans ce contexte, il devient indéniable que la lutte aux changements climatiques entraîne des améliorations sur la santé des citoyens canadiens et québécois. Investir en environnement revient à investir en santé publique et certaines études démontrent même qu'un tel investissement serait plus rentable pour prévenir des problèmes de santé que d'investir dans la santé publique « traditionnelle ».

L'impact des changements climatiques sur la santé est donc un argument supplémentaire pour justifier une lutte intensive contre la pollution et tenter ultimement de sauver l'avenir de notre planète et de l'humanité.

CONTEXTUALISATION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Chlorofluorocarbures (CFC)

La perturbation de l'écosystème naturel ayant lieu depuis l'arrivée de l'Homme ne fait que s'exacerber depuis le début de l'ère industrielle avec une déforestation et une agriculture à grande échelle. Toutefois, c'est seulement au début des années 1970 que des chercheurs ont confirmé la menace que représentent des activités humaines sur les conditions de la vie de la planète, avec le premier vrai débat international concernant l'amincissement de la couche d'ozone stratosphérique¹. Cette destruction progressive était reliée principalement aux chlorofluorocarbures (CFC) utilisés comme solvants et réfrigérants industriels. Le Protocole de Montréal signé en 1987, visant l'abolition progressive de la production et de la consommation des substances déplaçant la couche d'ozone², a été le premier traité à ratification universelle sur la protection de l'environnement de tous les pays du monde. L'implémentation du Protocole devrait permettre une récupération quasi-complète de la couche d'ozone en 2050, prévenant ainsi des centaines de millions de cas de cancers de la peau et de cataractes à travers le monde², démontrant l'efficacité de ces mesures pour la santé.

Les gaz à effet de serre (GES)

Outre leur propriété destructrice d'ozone, les CFC sont aussi des gaz à effet de serre (GES). Les GES, formés majoritairement de vapeur d'eau, de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄), de protoxyde d'azote (N₂O) et d'ozone (O₃), retiennent une partie du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre dans les couches basses atmosphériques³. Les GES sont traditionnellement relâchés par l'utilisation massive de combustibles fossiles comme le pétrole, le charbon et le gaz naturel. Récemment, il a été postulé que le dégel du pergélisol contribuerait grandement au réchauffement climatique, car ce sol constitue le plus important réservoir de carbone de la planète, soit deux fois plus que l'ensemble de l'atmosphère⁴. Avec le dégel du pergélisol, l'accumulation des composés organiques produits par la mort des végétaux aux fins d'été relâche graduellement du CO₂ et du méthane dans l'atmosphère, amplifiant donc le réchauffement actuel.

Ensuite, le rapport de 2013 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a catégoriquement conclu que « le changement climatique est réel et les activités humaines en sont la cause principale⁵ ». La concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère est directement liée à la température globale moyenne de la planète. Depuis la révolution industrielle, la moyenne des températures mondiales ne fait qu'augmenter de façon constante, en parallèle avec l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre⁵. Une considération de ces faits

¹ Jean-Maurice Arbour, Sophie Lavallée et Hélène Trudeau, *Droit international de l'environnement 2^e édition* (Cowansville : Éditions Yvon Blais 2012), 7.

² U.S. Department of State, « The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer », 23 février, 2019, <https://www.state.gov/e/oes/eqt/chemicalpollution/83007.htm>.

³ Environnement et Lutte contre les changements climatiques Québec, « Les gaz à effet de serre », 23 février, 2019, <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/question-ges.htm>.

⁴ Julie Lacaze, « Les conséquences du dégel sur le sol de l'Arctique », 23 février, 2019, <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/les-consequences-du-degel-sur-le-sol-de-larctique>.

⁵ Organisation des Nations Unies, « Les changements climatiques », 14 janvier, 2019, <http://www.un.org/fr/sections/issues-depth/climate-change/index.html>.

scientifiques en leur ensemble permet d'affirmer que les changements climatiques représentent l'enjeu le plus déterminant, pressant et décisif du 21^e siècle. Ainsi, les vingt années où la température moyenne enregistrée du globe a été la plus élevée ont eu lieu au cours des dernières vingt-deux années⁶.

Au niveau international, l'aggravation des émissions de gaz à effet de serre anthropogéniques crée des pressions climatiques importantes : températures globales sans cesse croissantes, conditions météorologiques plus extrêmes et montées des niveaux des océans. Ces changements permettent plusieurs voies d'exposition de maladies qui seront expliquées en détails.

À plus petite échelle, le Québec n'est pas épargné en ce qui concerne les changements climatiques et leurs impacts. En effet, le réchauffement du système climatique mesuré au Québec durant les dernières décennies est sans équivoque. À cet égard, l'augmentation des températures moyennes annuelles au Québec varie entre 1 et 3°C depuis 1950⁷. Des hausses de température pouvant aller de 2 à 4°C d'ici 2050, puis de 4 à 7°C d'ici 2100 sont anticipées, cela pouvant s'expliquer par l'émission de gaz à effet de serre⁷. Or, il découle de ces hausses de température des conséquences inéluctables qui seront présentées dans les prochaines pages.

Augmentation des précipitations et inondations

D'abord, le réchauffement climatique contribue notamment à une diminution de la durée de la saison d'enneigement et une augmentation de la quantité de précipitations. À cet égard, notons que les précipitations totales annuelles ont augmenté au rythme de 2,5 mm par année sur le sud du Québec entre 1960 et 2013⁸. Or, l'instabilité des précipitations et de la température sur certaines portions du territoire québécois a pour effet d'accroître les risques liés aux inondations et aux pluies abondantes, pouvant ainsi occasionner des impacts sur la santé humaine (blessures, décès, maladies infectieuses, etc.)⁷.

Une inondation survient lorsque l'eau submerge une terre qui est, en temps normal, sèche⁹. Au Québec, cela se produit principalement suite à l'augmentation rapide de la quantité d'eau lors de la fonte rapide et importante de la neige et lors de pluies torrentielles et/ou prolongées. Ce sont surtout des débordements de rivières qui causent des inondations au Québec. Cependant, elles peuvent aussi avoir lieu lors de débordements de bassins de barrage ou lorsqu'une quantité importante d'eau s'accumule rapidement sur une surface qui absorbe peu l'eau, comme une rue en asphalte. Les inondations constituent la catastrophe la plus fréquente au Québec, touchant pas moins de 80% des municipalités riveraines (ce qui inclut Montréal et Québec).

Par ailleurs, le niveau global moyen de la mer a augmenté au cours des dernières décennies et cette hausse est attribuable à l'augmentation des températures sous l'action des gaz à effet de serre. Le

⁶ David Introcaso, « Climate Change is the Greatest Threat to Human Health in History, » 19 décembre, 2018, <https://www.healthaffairs.org/doi/10.1377/hblog20181218.278288/full/?fbclid=IwAR1zPJ0BIOF-zhM4mRE-29hjPz2nY0A7gYR1GIMIUqyZJy1HHmQyLT0doEk>.

⁷ Hélène Côté, Travis Logan et Isabelle Charon, *Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec, Synthèse 2015*, Ouranos, 2015, <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SynthesePartie1.pdf>.

⁸ Environnement et Lutte contre les changements climatiques Québec, « Précipitations en hausse depuis 1960 – l'équivalent d'un treizième mois ajouté au total annuel, » 22 mars, 2019, <http://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/surveillance/1960-2015.htm>.

⁹ Tiffany Crawford, « B.C. Wildfire Service urges caution heading into long weekend, » 28 juin, 2018, <https://vancouver.sun.com/news/local-news/bc-wildfire-service-urges-caution-heading-into-long-weekend>.

Québec est touché par cet impact, puisque le niveau de la mer devrait augmenter de 30 à 75 cm dans le golfe du Saint-Laurent d'ici 2050¹⁰. En plus de contribuer au bouleversement de la faune et de la flore, l'augmentation du niveau de la mer met à risque certains aménagements et écosystèmes côtiers essentiels et tout indique que cette tendance devrait se poursuivre¹⁰.

Îlots et vagues de chaleur

Une corrélation indéniable existe entre la hausse de la température moyenne à l'échelle planétaire, c'est-à-dire le réchauffement climatique secondaire à l'activité humaine, et l'augmentation de la fréquence, de l'intensité et de la durée moyenne des canicules¹¹. Le réchauffement climatique contribue également à une exacerbation d'îlots de chaleur urbains et des vagues de chaleur, cela étant susceptible d'engendrer une hausse de la mortalité et la morbidité des Québécois¹⁰. En effet, des températures plus élevées, un humidex quotidien en hausse depuis les quatre dernières décennies à Montréal et à Québec ainsi que des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses ont été observées¹². À cet égard, les experts québécois évaluent les risques liés aux vagues de chaleur par une augmentation de 0,5 à 3,5% du nombre de décès d'ici 2080¹³. À cela s'ajoute l'allongement de la saison des pollens et l'augmentation des pics de smog, pouvant contribuer à l'aggravation des problèmes respiratoires et cardiovasculaires des résidents de la province québécoise¹⁰.

Au Québec, une canicule est définie comme une période d'au moins trois jours consécutifs où la température dépasse 30 degrés Celsius et qui est caractérisée par une diminution de la différence de température entre le jour et la nuit¹⁴. La période chaude nocturne est particulièrement pertinente¹⁵, car c'est à ce moment que les populations les plus à risque récupéreront en temps normal des effets des hautes températures. Le terme « vague de chaleur » quant à lui, désigne de manière plus large une période de plusieurs jours au cours de laquelle la chaleur est forte, avec des températures qui dépassent les moyennes saisonnières et qui résulte en un réchauffement élevé de l'air sur le territoire où la vague de chaleur sévit¹⁶.

Lors de canicules, la température est plus élevée dans certains endroits de la ville. On appelle ces endroits des îlots de chaleur. Non seulement, les canicules sont-elles plus courantes dans les îlots de chaleur, mais y durent généralement plus longtemps¹⁷. À l'intérieur de toutes les villes au Québec, il y a des lieux où les arbres sont moins nombreux et où une proportion importante de la surface du sol n'est plus naturelle, c'est-à-dire que le couvert forestier a été remplacé par du béton, de l'asphalte ou bien par un bâtiment. À titre d'exemple, à Montréal le couvert forestier ne représente plus que 20% de la surface de la ville¹⁸. Dans ces zones dépourvues ou presque d'arbres

¹⁰ Hélène Côté, Travis Logan et Isabelle Charon, *Op. cit.*

¹¹ W. Larry Kenney, Daniel H Craighead, and Lacy M Alexander, « Heat Waves, Aging, and Human Cardiovascular Health, » *Medicine and science in sports and exercise* 46, n° 10 (2014): 1891, <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=24598696>.

¹² Ressources naturelles Canada, « Sensibilités, impacts et adaptation, » 27 mai, 2014, <https://www.rncan.gc.ca/environnement/ressources/publications/impacts-adaptation/rapports/evaluations/2008/ch5-0>

¹³ Équiterre, « Climat : Des risques majeurs sur la santé des individus, » 22 mars, 2019, <https://equiterre.org/fiche/climat-des-risques-majeurs-sur-la-sante-des-individus>.

¹⁴ Office québécois de la langue française, « canicule, » 2016, http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26542278.

¹⁵ Nick Watts et al., « The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health, » *The Lancet* 391, n° 10120 (2018): 581-630, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32464-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9).

¹⁶ Office québécois de la langue française, « vague de chaleur, » 2016.

http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8354500.

¹⁷ Jianguo Tan et al., « The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai, » *International Journal of Biometeorology* 54, n°1 (2010) : 75-84, <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0256-x>.

¹⁸ Yann Vegriete et Michel Labrecque, « Rôles des arbres et des plantes grimpanes en milieu urbain : revue de la littérature et tentative d'extrapolation au contexte montréalais, » janvier, 2017,

et où le couvert forestier a presque disparu, la température est généralement plus élevée que dans les endroits plus végétalisés d'une même ville. À ces endroits, l'énergie qui vient de la lumière du Soleil est emmagasinée dans des matériaux non-naturels comme l'asphalte, le béton ou la brique, puis dégagée sous forme de chaleur dans l'air environnant, ce qui explique l'augmentation très localisée de la température¹⁹.

Le phénomène d'îlots de chaleur est accentué dans les endroits où il y a une concentration d'activités dégageant beaucoup de chaleur, comme dans des quartiers industriels et dans les endroits où de nombreuses automobiles circulent, particulièrement là où le trafic est dense¹⁹. Par ailleurs, la chaleur accablante mène également à une utilisation accrue de la climatisation autant dans les bâtiments que dans les voitures, particulièrement dans les secteurs denses en termes d'activité humaine, ce qui a pour effet de réchauffer encore davantage l'extérieur.

On peut citer l'exemple montréalais, où on peut observer un écart de près de 5 degrés Celsius entre un terrain de golf et un secteur résidentiel dans le quartier de Ville Saint-Laurent, illustrant bien les énormes différences de température qui peuvent exister au sein d'une même ville²⁰. Il est à noter que le phénomène d'îlots de chaleur ne s'observe pas que dans les métropoles. En fait, toutes les villes du Québec qui ont subi une déforestation relativement importante peuvent être touchées par les îlots de chaleur.

Vecteurs infectieux

L'apparition de vecteurs infectieux, soit des êtres vivants capables de transmettre des maladies aux humains, serait aussi à prévoir²¹. Par exemple, l'émergence de la maladie de Lyme dans le sud du Québec témoigne de la conséquence néfaste des changements climatiques touchant la province²¹. Un autre exemple est le moustique responsable de la transmission du virus du Nil occidental. Une maladie à transmission vectorielle est une maladie dont le pathogène (virus, parasite, bactérie, etc.) est transmis aux humains par le biais d'un vecteur vivant tel que les insectes, souris, etc. La température, les précipitations et le niveau de la mer sont des facteurs capitaux influençant la survie, la reproduction et l'activité du vecteur. En effet, la petite taille de ces organismes limite leur capacité de thermorégulation, faisant en sorte que le climat influence directement leur température corporelle. Par ailleurs, la fluctuation saisonnière des maladies à transmission vectorielle n'est pas une hypothèse née avec l'avènement des changements climatiques, mais une composante des cycles de transmission justifiant la recherche et la surveillance du lien entre le climat et ces infections. Par exemple, les épidémies de choléra apparaissent durant le cycle des moussons (Bangladesh) et des maladies telles que la malaria et la fièvre dengue voient leur transmission augmenter durant les périodes hautement pluvieuses et humides²².

[http://mapresquile.free.fr/mapresquile/Actualites/Entrees/2012/8/21_La_grande_panne_\(suite\)_files/arbres%20en%20ville.pdf](http://mapresquile.free.fr/mapresquile/Actualites/Entrees/2012/8/21_La_grande_panne_(suite)_files/arbres%20en%20ville.pdf)

¹⁹ Méliissa Giguère. *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains* (Québec : Institut national de santé publique du Québec, 2009), <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/ilots-de-chaleur-fraicheur-urbains-et-temperature-de-surface/resource/82a3e8be-45d2-407e-8803-fcc994830fcc>

²⁰ François Cavayas et Yves Baudouin. *Études des biotopes urbains et périurbains de la CMM Volets 1 et 2 : Évolution des occupations du sol, du couvert végétal et des îlots de chaleur sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal (1984-2005)* (Laval : Conseil régional de l'environnement de Laval, 2008). http://cmm.qc.ca/biotopes/docs/volets_1_et_2.pdf

²¹ Hélène Côté, Travis Logan et Isabelle Charon, *Op. cit.*

²² A. J. McMichael et al. *Climate change and human health - risk and responses* (Genève : Organisation Mondiale de la Santé, 2003). <https://www.who.int/globalchange/publications/climchange.pdf?ua=1>

Conditions climatiques extrêmes

Pour que l'on parle d'événement climatique extrême, deux composantes doivent être réunies²³. La première composante tient de la présence de conditions physiques et météorologiques extrêmes. Celles-ci peuvent se traduire par une combinaison de température extrême (vague de chaleur ou de froid), du niveau de précipitations (inondations ou sécheresses) et des changements dans les courants d'air ou de pression. Ces composantes combinées mènent au développement de différents phénomènes climatiques et météorologiques, tels que les ouragans, tornades, pluies torrentielles, sécheresses majeures et autres. Pour être considéré un événement climatique extrême, ces conditions climatiques doivent également nuire à la santé des populations, en particulier des populations vulnérables²⁴.

Un exemple d'événement climatique extrême qui est de plus en plus reconnu durant les dernières années est le phénomène des vortex polaires descendants. Les froids extrêmes ressentis sur le territoire continental des États-Unis cet hiver peuvent être expliqués par ce même phénomène. Le vortex polaire représente un courant d'air froid ayant été contenu dans le territoire du cercle polaire jusqu'aux années récentes. Hélas, la fonte accélérée de la calotte glaciaire a entraîné un effet de cascade complexe sur les variations de température. Concrètement, l'effet de protection que celle-ci procure sur le territoire plus au sud, c'est-à-dire le territoire canadien jusqu'aux États-Unis, est affaibli. De ce fait, un élargissement du territoire affecté par ces baisses de températures extrêmes est observé, et englobe aujourd'hui une plus grande partie du territoire canadien et même du territoire américain. Cela a comme effet d'exposer les populations sur ces territoires à des périodes de froid extrême prolongées²⁵.

Également, une augmentation de la fréquence des conditions climatiques extrêmes, tant les températures froides extrêmes que les températures chaudes extrêmes, est dommageable pour les cultures, les élevages ou encore pour la qualité de l'eau²⁶. Les productions agricoles sont affectées négativement par le climat. Certaines espèces végétales et animales disparaissent, alors que d'autres espèces nuisibles font leur apparition, ce qui a un effet direct sur la santé des Québécois. La disparition d'espèces végétales pourrait, à long terme, compromettre la valeur nutritive des récoltes et contribuer à l'insécurité alimentaire²⁶.

Feux de forêt et qualité de l'air

Le réchauffement climatique contribue à des climats plus chauds et secs, menant à une intensification et une extension de la saison des feux de forêt. Entre 1984 et 2011, la superficie affectée par les feux de forêts a augmenté de près de 90 000 acres par année en Amérique du Nord²⁷. L'année 2018 a été sans précédent à cet effet, notamment pour la Californie qui a connu 7

²³ Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, « Forest Fires, » 26 février, 2019, <https://www.ontario.ca/page/forest-fires>.

²⁴ Institut National De Santé Publique Québec, « La situation au Québec, » 3 mars, 2019, <http://www.monclimatmasante.qc.ca/public/situation-au-qu%C3%A9bec.aspx>.

²⁵ CBC Radio, « 'We ain't seen anything yet': Even the Arctic is burning as wildfires rage around the world, » 27 juillet, 2018, <https://www.cbc.ca/radio/day6/episode-400-toronto-gun-violence-arctic-wildfires-house-of-frightenstein-johnny-clegg-and-more-1.4761861/we-ain-t-seen-anything-yet-even-the-arctic-is-burning-as-wildfires-rage-around-the-world-1.4761878>.

²⁶ Hélène Côté, Travis Logan et Isabelle Charon, *Op. cit.*

²⁷ Philip E Dennison et al., « Large wildfire trends in the Western United States, 1984-2011, » *Geophysical Research Letters* 41, n°8: 2928-2933, <https://doi.org/10.1002/2014GL059576>

571 feux de forêt couvrant 1 671 203 acres²⁸, dont le feu de *Camp Fire*, reconnu comme le plus destructeur et le plus mortel de l'histoire de cet État Américain. Au Canada, la Colombie Britannique a connu un nombre record de plus de 560 feux²⁹. En Ontario, il y a eu plus de 1325 feux de forêts déclarés, presque le double des années précédentes³⁰. Au Québec, la SOPFEU (Société de protection des forêts contre le feu) a combattu 531 feux l'été dernier, alors que la moyenne pour les 10 dernières années se chiffre à 425³¹. Il faut reconnaître également l'importance de ce phénomène dans de nombreuses autres régions, notamment celle du cercle Arctique qui normalement connaît très peu d'épisodes de feux de forêts³². Aussi, les feux de forêt seront deux fois plus importants en 2040 et trois fois plus importants en 2100 dans la zone propice aux feux au Québec, qui est au sud de la Baie-James. La qualité de l'air pourrait se voir compromise par ces feux de forêt.

²⁸ Cal Fire, « Fire Statistics, » 24 janvier, 2018, http://cdfdata.fire.ca.gov/incidents/incidents_stats?year=2018.

²⁹ Tiffany Crawford, *Loc. cit.*

³⁰ Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, *Loc. cit.*

³¹ Société de protection des forêts contre le feu, « SOPFEU, » 26 février, 2019, <http://sopfeu.qc.ca/>

³² CBC Radio, *Loc. cit.*

IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA SANTÉ

Principales problématiques reliées aux changements climatiques causant des impacts sur la santé des Québécois

Les inondations

En plus de coûter 10 à 15 millions de dollars par année en infrastructures³³, coûts auxquels s'ajoutent les pertes de revenu, et la perte d'accès à certains lieux, les inondations ont un impact majeur sur la santé physique et psychologique des Québécois. Selon une étude, les gens dont la maison a été inondée seraient quatre fois plus à risque d'être malade qu'un individu dont la maison ne l'a pas été³⁴.

Les inondations peuvent être à l'origine de blessures et décès, en raison d'électrochocs, mais aussi de noyades et de traumatismes qui sont majoritairement secondaires à des accidents d'automobiles dont l'eau rend le contrôle ardu³⁵. Également, le nombre de cas d'infection par l'ingestion ou le contact d'eau contaminée et le nombre de cas d'intoxication peuvent augmenter en cas d'inondation.

Au Québec, environ 14% des gens s'approvisionnent en eau à partir de puits privés, souvent parce qu'ils habitent dans des petites municipalités rurales ou qu'ils sont trop isolés pour faire partie d'un réseau³⁶. Avec les inondations, l'eau de ces derniers est plus à risque d'être contaminée. En effet, l'eau peut inonder des terres agricoles parsemées de selles d'animaux d'élevage, des fosses septiques, des terres où sont répandus des pesticides et autres produits chimiques agricoles ou encore des sites industriels. L'eau peut ainsi devenir contaminée par des microorganismes contenus dans les selles d'animaux, des produits toxiques, des métaux lourds ou du monoxyde de carbone³⁷. Cette eau, particulièrement lorsque la pluie est violente, peut ruisseler jusqu'au cours d'eau souterrain, aussi appelé nappe phréatique, de laquelle certaines personnes puisent leur eau³⁸. En buvant cette eau, ces personnes sont à risque de contracter des infections associées aux microorganismes contenus dans les selles des animaux et des humains menant à des symptômes gastro-intestinaux comme de la diarrhée, des vomissements, des nausées et des crampes abdominales^{36,39}. Pour ce qui est des autres produits toxiques liés à l'agriculture et aux activités industrielles, ils sont associés à certains cancers et peuvent aussi avoir un impact négatif sur la fonction du cœur, des poumons, des reins et du cerveau⁴⁰. À noter, que des infections peuvent également être contractées

³³ Institut national de santé publique du Québec. « Inondations. » 2010. <http://www.monclimatmasante.qc.ca/inondations.aspx>.

³⁴ Weiwei Du et al., « Health Impacts of Floods, » *Prehospital and Disaster Medicine* 25, n°3 (2010): 265-72, https://www.researchgate.net/publication/44807703_Health_Impacts_of_Floods.

³⁵ Katarzyna Alderman, Lyle R Turner, et Shilu Tong, « Floods and Human Health: A Systematic Review, » *Environment international* 47 (2012): 37-47, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.06.003>

³⁶ Anaïs Féret, « La qualité de l'eau des puits individuels au Québec : comment améliorer les pratiques d'analyses ? » (Mémoire de M.Env. Université de Sherbrooke, 2016), https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/8193/Feret_Anaïs_MEnv_2016.pdf.

³⁷ Katarzyna Alderman, Lyle R Turner, and Shilu Tong. *Loc. cit.*

³⁸ L Andrade et al., « Surface Water Flooding, Groundwater Contamination, and Enteric Disease in Developed Countries: A Scoping Review of Connections and Consequences, » *Environmental Pollution* 236 (2018): 540-49, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.104>.

³⁹ Kristin M Eccles et al. « Lessons Learned from the 2013 Calgary Flood: Assessing Risk of Drinking Water Well Contamination. » *Applied Geography* 80 (2017): 78-85. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.02.005>

⁴⁰ Katarzyna Alderman, Lyle R Turner, and Shilu Tong. *Loc. cit.*

par le contact de l'eau contaminée avec la peau, en marchant dans cette eau ou bien en y mettant les mains⁴¹.

Le même phénomène peut se développer en ville avec le refoulement des égouts, propageant certains déchets s'y retrouvant. Au contact de ces déchets et produits, les gens peuvent développer des troubles gastro-intestinaux, des problèmes de peau et des otites parmi d'autres problèmes de santé. Aussi, à la suite du retrait des eaux, beaucoup d'individus dont la demeure a été inondée vivent dans une maison contaminée de moisissures apparues avec l'humidité persistante qui peuvent être associées à des impacts négatifs sur la santé, principalement au niveau respiratoire⁴².

Canicules et îlots de chaleur

Le corps humain est reconnu pour être capable de s'adapter aux changements ponctuels et transitoires de température sans effets néfastes sur la santé, cela étant vrai même pour des températures allant jusqu'à 90°C⁴³. Les canicules, cependant, représentent un type de stresser différent pour le corps dû à leur caractère prolongé.

Les facteurs de risque d'éprouver un problème de santé durant une canicule sont^{43,44,45} :

- Être un enfant âgé de moins d'un an ;
- Être une personne avec une maladie cardiovasculaire ou rénale chronique ;
- Être une personne âgée, travailler à l'extérieur ;
- Avoir un niveau socioéconomique bas (par une diminution d'accessibilité à de la climatisation) ;
- Le fait d'être alité, de dormir au dernier étage d'un bâtiment ;
- Le manque ou l'inefficacité d'isolement thermique ;
- Le fait de vivre dans une région à risque d'îlots de chaleur (peu d'espaces verts, etc.).

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les principaux effets sur la santé dus aux hautes températures ne sont pas directement liés à la chaleur en soi, mais plutôt à l'exacerbation de problèmes principalement cardiovasculaires, engendrés par une adaptation du corps à la chaleur. D'un côté, le corps a tendance à redistribuer ses réserves sanguines à la peau afin d'augmenter son contact avec l'air, ce qui lui permet de se refroidir. Ceci implique une augmentation du débit cardiaque (quantité de sang pompée par le cœur par minute) et une redistribution du sang à partir des intestins, de l'estomac, de la rate, du pancréas et des reins vers la peau. D'un autre côté, la peau recrute aussi des glandes sudoripares, dont la fonction est de sécréter de la sueur à la surface de la peau, principalement composée d'eau, qui, en s'évaporant, refroidit elle aussi le corps. Tous ces mécanismes tendent donc à maintenir la température corporelle constante. Cependant, le système

⁴¹ Johannes Schnitzler et al., « Survey on the population's needs and the public health response during floods in Germany 2002, » *Journal of Public Health Management and Practice* 13, n° 5: 461-464, <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=17762689>.

⁴² Katarzyna Alderman, Lyle R Turner, and Shilu Tong. *Loc. cit.*

⁴³ W. Larry Kenney, Daniel H Craighead, and Lacy M Alexander, *Loc. cit.*

⁴⁴ Nick Watts et al. *Loc. cit.*

⁴⁵ Marie O'Neill et Kristie Ebi, « Temperature extremes and health: impacts of climate variability and change in the United States, » *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 51, n°1 (2009): 13-25, <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=19136869>.

cardiovasculaire des personnes âgées n'est pas aussi efficace que celui des jeunes. Ainsi, l'incapacité de maintenir une augmentation du débit cardiaque chez les personnes âgées cause un stress sur le cœur. Ceci peut causer des lésions à l'organe en soi, en plus de précipiter des décompensations d'insuffisance cardiaque, choc, précipiter des crises d'angine ou même un infarctus du myocarde (crise cardiaque) et plusieurs autres déséquilibres cardiovasculaires⁴⁶. De plus, une diminution de l'apport sanguin aux reins peut causer une insuffisance rénale aiguë, pouvant à son tour causer des lésions permanentes sur les reins

si l'atteinte est prolongée, comme c'est le cas lors d'une canicule⁴⁷. Ces maladies peuvent être à leur tour exacerbées par la déshydratation, qui peut être elle-même une conséquence de la canicule et causer divers symptômes (étourdissements, faiblesse, fatigue, perte de conscience pouvant aller jusqu'au coma et à la mort)^{46,48}. Les personnes âgées ont aussi une diminution du taux de sécrétion de sueur globale et une diminution de sueur sécrétée par glande sudoripare. Ainsi, la diminution de la capacité d'évaporation du corps à l'âge avancé contribue à la rétention de chaleur lors d'une canicule⁴⁶. En somme, les maladies chroniques (cardiovasculaires, rénales) augmentent avec l'âge. La compensation corporelle lors d'une canicule peut précipiter divers problèmes de santé associés à des maladies chroniques déjà présentes chez une personne donnée. Ceci explique l'augmentation de la morbidité et mortalité associées aux canicules, d'une part, et le fait que les personnes âgées soient les plus touchées, d'autre part.

Dans les îlots de chaleur, les canicules sont plus fréquentes et durent plus longtemps. Ainsi, les impacts négatifs sur la santé liés aux canicules y sont aggravés⁴⁹. Par ailleurs, les hausses de températures associées aux canicules et aux îlots de chaleur urbains amplifient les effets des polluants aériens sur la santé. D'abord, les températures élevées augmentent les réactions chimiques entre les différents polluants aériens qui sont impliqués dans la création de smog, qui est associé aux maladies cardiovasculaires comme les infarctus cardiaques et les AVC et aux problèmes respiratoires comme l'asthme⁵⁰. Ensuite, lorsqu'il fait très chaud, la membrane des poumons qui sépare l'air du sang, appelée membrane alvéolo-capillaire, devient plus perméable à de petites molécules toxiques en suspension dans l'air ambiant. Ainsi, la température élevée de ces particules fines sont plus toxiques, puisqu'elles pénètrent plus facilement dans le

Insuffisance cardiaque : se définit comme étant un cœur qui est incapable de pomper suffisamment de sang pour combler les besoins de l'organisme (généralement suivant des infarctus).

Angine : douleur thoracique induite par un manque d'apport temporaire en oxygène au cœur.

Infarctus du myocarde : communément appelé « crise cardiaque », il s'agit d'un blocage des artères amenant de l'oxygène au muscle cardiaque, provoquant de la douleur et la mort des cellules d'une portion du cœur.

Insuffisance rénale aiguë : atteinte aux reins les empêchant momentanément d'effectuer leur fonction de filtre de l'organisme.

Accident vasculaire cérébral (AVC) : obstruction d'une artère envoyant du sang au cerveau, provoquant la mort de cellules cérébrales et parfois une perte de certaines fonctions neurologiques (par exemple, une paralysie ou des troubles de communication).

Asthme : rétrécissement des bronches (canaux amenant l'air de la bouche aux poumons) secondaire à des irritants, rendant la respiration laborieuse.

⁴⁶ W. Larry Kenney, Daniel H Craighead, and Lacy M Alexander, *Loc. cit.*

⁴⁷ Nick Watts et al. *Loc. cit.*

⁴⁸ Marie O'Neill et Kristie Ebi, *Loc. cit.*

⁴⁹ Jianguo Tan et al., *Loc. cit.*

⁵⁰ François Reeves, *Planète cœur : santé cardiaque et environnement*. (Québec: Éditions MultiMondes et Éditions du CHU Sainte-Justine, 2011).

corps^{51,52}. Cela peut donc précipiter ou favoriser le développement de maladies respiratoires, d'autant plus que l'exposition aux polluants est souvent plus grande en été puisqu'on passe plus de temps dehors et qu'on laisse nos fenêtres ouvertes plus souvent⁵³. De plus, les gens avec un niveau socioéconomique plus bas sont plus à risque de subir les conséquences sur la santé accrues par des îlots de chaleur, puisqu'ils habitent beaucoup plus souvent dans des îlots de chaleur que leurs concitoyens plus favorisés^{54,55}.

Amplification et migration des vecteurs de maladies infectieuses

Comme mentionné précédemment, le Québec fait déjà face à une augmentation du niveau des eaux et des températures menant à un raccourcissement des hivers et à une augmentation des taux d'humidité. En parallèle, il est connu que la reproduction des moustiques et des tiques augmente avec la hausse des précipitations et des températures⁵⁶. Par ailleurs, le rapport de l'OMS intitulé *Climate change and human health – Risks and responses*⁵⁷ prédit que l'augmentation des températures dans des régions froides (dont fait partie le Québec) risque de favoriser le développement, l'incubation et la multiplication de pathogènes. D'ailleurs, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) déclarait il y a quelques années déjà que les moustiques, par leur rôle dans la transmission de maladies, sont plus meurtriers que les guerres, les meurtres et les attaques d'animaux sauvages combinés⁵⁸.

Par ailleurs, il est maintenant établi avec certitude que les tiques à pattes noires transmettant la maladie de Lyme sont de plus en plus présentes dans plusieurs régions canadiennes incluant le Québec⁵⁹. Selon l'INSPQ, le nombre de tiques ne cesse d'augmenter au Québec depuis 2011 et, parallèlement, le nombre de cas de maladie de Lyme. Deux nouveaux sites endémiques ont d'ailleurs été identifiés en Estrie et en Montérégie⁶⁰. Les prédictions actuelles s'accordent sur un modèle de propagation géographique lente de la maladie de Lyme conduisant à des niveaux de risque constants. Ces hypothèses sont en accord avec les rapports de surveillance⁶¹. Une telle infection représente des risques de complication non négligeables pour la santé notamment pour le système nerveux (ex : troubles neurologiques), le système cardiaque (ex : inflammation des tissus cardiaques), les jointures et la peau.

⁵¹ Christopher J. Gordon, « Role of Environmental Stress in the Physiological Response to Chemical Toxicants, » *Environmental research* 92, n° 1 (2003): 1-7, [https://doi.org/10.1016/S0013-9351\(02\)00008-7](https://doi.org/10.1016/S0013-9351(02)00008-7).

⁵² Steven Roberts, « Interactions between Particulate Air Pollution and Temperature in Air Pollution Mortality Time Series Studies, » *Environmental research* 96, n°3 (2004): 328-37, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2004.01.015>.

⁵³ Michael J Hooper et al., « Interactions between Chemical and Climate Stressors: A Role for Mechanistic Toxicology in Assessing Climate Change Risks, » *Environmental Toxicology and Chemistry* 32, n°1 (2013): 32-48, <https://doi.org/10.1002/etc.2043>.

⁵⁴ Audrey Smargiassi et al., « Variation of Daily Warm Season Mortality as a Function of Micro-Urban Heat Islands, » *Journal of Epidemiology & Community Health* 63, n°8 (2009): 659-64, <http://dx.doi.org/10.1136/jech.2008.078147>.

⁵⁵ Diane Bélanger et al., « 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, n°11 (2014): 11028-53, <https://doi.org/10.3390/ijerph111111028>.

⁵⁶ Patricia Huston, « Maladies à transmission vectorielle, villes et changement climatique, » *Le Médecin de famille canadien* 62, n°10 (2016): 819, <http://www.cfp.ca/content/cfp/62/10/819.full.pdf>.

⁵⁷ A. J. McMichael et al., *Op. cit.*

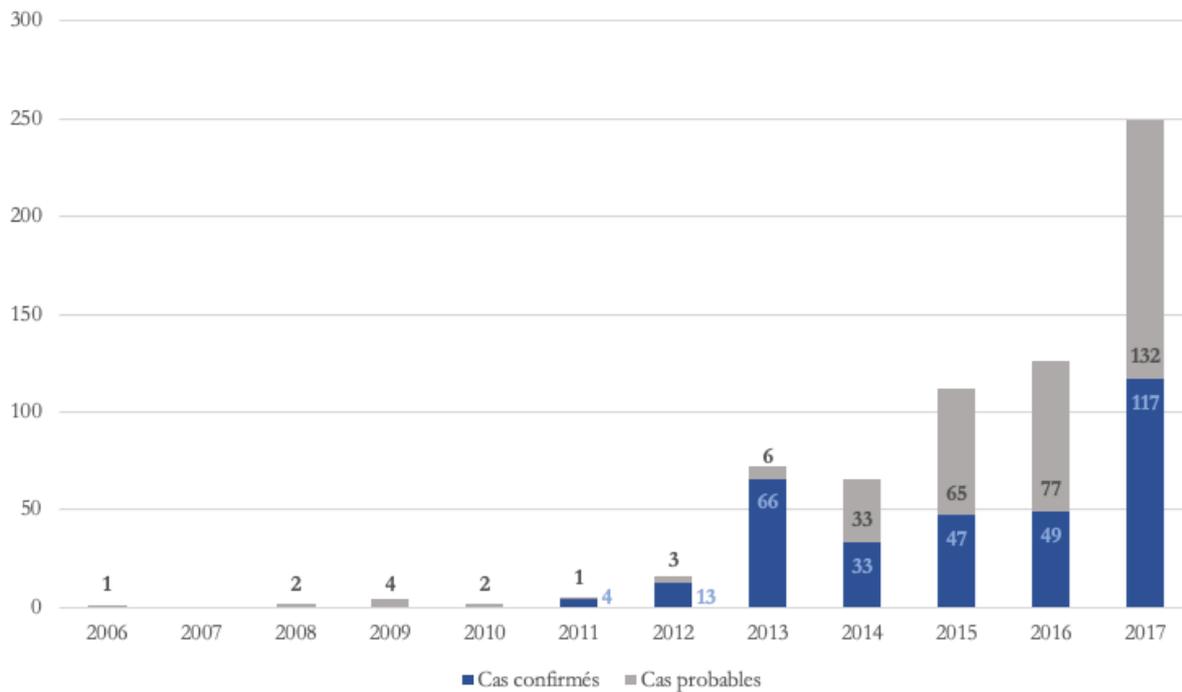
⁵⁸ Patricia Huston, *Loc. cit.*

⁵⁹ Robbin, Lindsay. « Situation actuelle des maladies à transmission vectorielle communes au Canada. » *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 42 (10): 223-224. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v42i10a03f>.

⁶⁰ Groupe d'experts sur les maladies transmises par les tiques. *Rapport de surveillance de la maladie de Lyme: année 2017* (Québec: Institut National de Santé Publique du Québec, 2018), https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2472_surveillance_maladie_lyme_2017.pdf.

⁶¹ Nick H. Odgen et Lindsay L. Robbin, « Effects of climate and climate change on vectors and vector-borne diseases: ticks are different, » *Trends in Parasitology* 32, n°8 (2016) : 646-656, <https://doi.org/10.1016/j.pt.2016.04.015>.

Graphique 1 : Évolution du nombre de cas de maladie de Lyme acquis au Québec entre 2006 et 2017⁶²



Une autre zoonose pertinente pour le Québec est le virus du Nil occidental (VNO) transmise aux humains par une piqûre de *Culex pipiens/restuans*, communément appelés maringouins, après s’être nourri du sang d’oiseaux porteurs du virus^{63,64}. Une infection par le VNO affecte le système nerveux central dans 10% des cas et peut entraîner la mort. Actuellement, on retrouve le virus principalement dans le sud du Québec, mais il est prévu que les changements climatiques provoquent l’expansion du VNO vers le nord du continent Nord-Américain⁶⁵ comme le démontre les prédictions de Harrigan estimant que le nombre de cas d’infections par le VNO doublera d’ici 2050⁶⁶.

Maladie de Lyme : infection bactérienne transmise par des tiques, provoquant des symptômes cutanés, neurologiques, musculosquelettiques, cardiaques et autres.

Virus du Nil occidental : infection virale transmise par des moustiques, provoquant parfois des symptômes neurologiques pouvant aller jusqu’à la mort.

Événements climatiques extrêmes

L’effet sur la santé des changements climatiques extrêmes est complexe - les impacts sont perçus à plusieurs niveaux et plusieurs facteurs y sont impliqués. Parmi ceux-ci se retrouvent la pauvreté, la croissance des populations et l’augmentation des tendances migratoires vers des régions parfois plus précaires (par exemple, augmentation de la densité de population dans les zones côtières plus

⁶² Groupe d’experts sur les maladies transmises par les tiques, *Op. cit.*

⁶³ Institut National de Santé Publique du Québec, « Maladies vectorielles et zoonoses, » 17 janvier 2019, <http://www.monclimatmasante.qc.ca/maladies-vectorielles-et-zoonoses.aspx>.

⁶⁴ Lindsay Robbins, *Op. cit.*

⁶⁵ Caroline Larrivée et al. *Évaluation des impacts des changements climatiques et de leurs coûts pour le Québec et l’État québécois.*

Ouranos (2015), <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/evaluation-impacts-cc-couts-qc-etat.pdf>.

⁶⁶ Ryan J Harrigan et al., « A continental risk assessment of West Nile virus under climate change, » *Global Change Biology* 20, n°8 (2014): 2417-2425, <https://doi.org/10.1111/gcb.12534>.

vulnérables aux inondations et aux événements de précipitations abondantes majeurs)⁶⁷. Toutefois, le consensus reste que les désastres naturels causent des dommages à la santé et des pertes de vies et de matériel importantes à un rythme croissant inquiétant⁶⁸. Non seulement cela, mais l'impact des désastres naturels se fait paraître longitudinalement et à travers plusieurs sphères de la santé.

Prenons en exemple l'effet du vortex polaire descendant, tel qu'expliqué auparavant. Les vagues de froid entraînées notamment par ce phénomène enlèvent la vie à plus de 100 Québécois chaque année. Ceci représente plus que le cumulatif des décès entraînés par tous les autres phénomènes climatiques extrêmes tels que les inondations, les ouragans et les vagues de chaleur. Il a été reconnu que l'exposition prolongée au froid augmente le risque de mortalité, toutes causes confondues. Les systèmes les plus touchés sont le système cardiovasculaire et respiratoire. Les causes de morbidité et mortalité les plus importantes engendrées par les vagues de froid extrêmes sont les atteintes coronariennes (la diminution de circulation au cœur, pouvant entraîner des infarctus), les événements cérébro-vasculaires aigus (de type accident vasculaire cérébral), l'insuffisance cardiaque et l'hypothermie pouvant entraîner le dysfonctionnement de tous les organes vitaux. Pour ce qui est des causes respiratoires, les baisses de température extrême peuvent déclencher ou exacerber des symptômes respiratoires chroniques, tels que la toux et le sifflement, et peuvent exacerber des maladies chroniques telles que la maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC). Il est d'autant plus crucial de réaliser que ces phénomènes représentent déjà des causes de morbidité et mortalité importantes au Québec et les statistiques ne feront qu'augmenter avec la tendance climatique actuelle⁶⁹.

Maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) :

comprenant l'emphysème et la bronchite chronique, il s'agit d'une affection, généralement secondaire au tabagisme, où la résistance pulmonaire est augmentée et la respiration est plus laborieuse, nécessitant parfois le port de bonbonnes d'oxygène.

Malgré le fait que la majorité des événements climatiques extrêmes soit rapporté à l'extérieur du Canada, en particulier en Asie du Sud-Est ou dans la mer des Caraïbes, le Canada n'est certainement pas à l'abri de tels dommages. Plus localement, au Québec, les événements climatiques extrêmes risquant d'affecter la population de manière plus importante dans les prochaines années sont les ouragans, les variations extrêmes de température et les précipitations importantes menant à des inondations. Même si le Québec a développé une expertise en matière de reconnaissance de l'impact environnemental sur la santé, une lacune persiste dans la réalisation que les événements climatiques extrêmes en particulier ont un impact majeur sur la santé de notre province⁷⁰. En 2006, aucun des systèmes de recensement en santé et environnement n'incluait la reconnaissance de l'impact des événements climatiques extrêmes sur la population québécoise, présentant une véritable lacune qui bénéficierait d'une surveillance active plus accrue et d'une recherche afin de développer des stratégies de prévention en cas de désastres.

⁶⁷ Gregg Greenough et al., « The potential impacts of climate variability and change on health impacts of extreme weather events in the United States, » *Environmental Health Perspectives* 109, suppl 2 (2001): 191-198, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240666/pdf/ehp109s-000191.pdf>.

⁶⁸ Hales, S, S. Edwards et RS Kovats. *Impacts on health of climate extremes*. In: McMichael, A. J. McMichael et al., *Op. cit.* : 79-96.

⁶⁹ Institut National de Santé Publique. « Froid intense. » 2010. <http://www.monclimatmasante.qc.ca/froid-intense.aspx>.

⁷⁰ Jacinthe Séguin. *Human health in a changing climate : a Canadian assessment of vulnerabilities and adaptive capacity* (Ottawa: Santé Canada, 2008), <http://publications.gc.ca/site/eng/9.691579/publication.html>.

Feux de forêts

Bien que les feux de forêt représentent un risque immédiat par la dévastation d'habitations et l'exposition aux flammes et à la chaleur, la consommation des forêts dégage aussi d'importants contaminants tels que l'arsenic, le cadmium, le cuivre et le plomb⁷¹. Ces contaminants menacent la santé des gens à proximité de ces incendies et la décontamination nécessaire des zones atteintes entraîne d'importants coûts. De plus, les fines particules de carbone noir dégagées dans la fumée se dispersent sur de très longues distances : la pollution liée à Camp Fire en Californie a été mesurée jusque dans l'État de New York aux États-Unis⁷². Ces particules étant suffisamment fines pour endommager les plus petites voies aériennes et s'infiltrer dans la circulation sanguine, les conséquences de ce phénomène sont importantes. Une étude californienne a récemment démontré une augmentation importante des visites hospitalières aux urgences en contexte de saison des feux de forêt, notamment pour trouble respiratoire, mais également pour maladie coronarienne, décompensation d'insuffisance cardiaque, embolie pulmonaire et accidents vasculaires cérébraux⁷³ (AVC), témoignant d'un sérieux impact cardiorespiratoire auprès des citoyens. Au Canada, une étude de l'impact des feux de forêt sur les Territoires du Nord-Ouest en 2014 a rapporté une augmentation importante de consultations pour des exacerbations d'asthme et des pneumonies, mais a également exposé une hausse de consultations pour des raisons de détresse psychologique marquée chez les citoyens en lien avec la dévastation du territoire et du milieu de vie et à l'isolement intérieur concomitant⁷⁴. L'amplification des feux de forêt menace donc actuellement de renverser de nombreux gains de santé durement acquis en matière de purification d'air et de lutte contre la pollution, ainsi que d'engendrer une détresse et un deuil écologique importants au sein des populations affectées (se référer à la section Santé mentale et stress).

Embolie pulmonaire : obstruction de vaisseaux artériels pulmonaires par un caillot de sang, empêchant le sang de capter l'oxygène et de le distribuer dans l'organisme. Elle se présente par un essoufflement soudain et les patients peuvent en mourir en quelques minutes ou heures s'ils ne sont pas traités rapidement.

Pollution de l'air

L'association la plus grave entre les changements climatiques et la maladie est la pollution de l'air⁷⁵. Actuellement, les citoyens de plus de 90% des villes sont exposés à des niveaux de pollution atmosphérique supérieurs aux lignes directrices de l'OMS relatives à la qualité de l'air, c'est-à-dire supérieurs aux valeurs seuils où les polluants principaux (particules fines, ozone, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre) posent des risques de santé. Par ailleurs, la concentration de cette pollution aurait augmenté depuis l'an 2000 dans 70% des villes du monde⁷⁶. Cette pollution ambiante est

⁷¹ V. Wittig et al., « Public Health Impacts of Residential Wildfires: Analysis of Ash and Debris from the 2007 Southern California Fires, » *Epidemiology* 19, n°6: S207,

https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2008/11001/Public_Health_Impacts_of_Residential_Wildfires_.587.aspx.

⁷² Katie Dowd, « California wildfire smoke has now made it all the way to New York City, » 20 novembre, 2018, <https://www.sfgate.com/california-wildfires/article/camp-fire-smoke-noaa-maps-nyc-texas-paradise-13408526.php>.

⁷³ Zachary S. Wettstein et al., « Cardiovascular and Cerebrovascular Emergency Department Visits Associated with Wildfire Smoke Exposure in California in 2015, » *Journal of the American Heart Association* 7, n°8 (2018), <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.007492>.

⁷⁴ Warren Dodd et al., « Lived experience of a record wildfire season in the Northwest Territories, Canada, » *Canadian Journal of Public Health* 109, n°3 (2018): 327-337, <https://doi.org/10.17269/s41997-018-0070-5>.

⁷⁵ Organisation Mondiale de la Santé. *COP24 special report: health and climate change* (Genève: Organisation Mondiale de la Santé, 2018), <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/276405/9789241514972-eng.pdf?ua=1>.

⁷⁶ Philip J Landrigan et al., « The Lancet Commission on pollution and health, » *The Lancet* 391, n°10119: 462-512, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0).

actuellement responsable de 26% des décès par maladie coronarienne, 24% des décès par accident vasculaire cérébral, 43% des décès par maladie pulmonaire obstructive chronique et 29% des décès par cancer du poumon⁷⁷, sans compter une exacerbation importante des conditions asthmatiques. Cette contribution est gravissime, considérant que les maladies cardiorespiratoires et les cancers sont responsables, avec le diabète, de plus de 70% des décès dans le monde⁷⁸. En contrepartie, des études ont montré que l'amélioration de la qualité de l'air local diminue le risque d'infarctus, accroît la fonction respiratoire et augmente l'espérance de vie⁷⁹.

Diabète : dérèglement du métabolisme du sucre, où les cellules du corps absorbent difficilement le sucre pour se nourrir, ce sucre demeurant dans le sang. Le taux de sucre sanguin élevé cause de nombreuses complications aux reins, aux yeux, aux nerfs et au système cardiovasculaire.

Bien que les impacts de la pollution touchent surtout les pays à faible et moyen revenu, la pollution de l'air serait responsable à travers le monde en 2015 d'une perte économique de \$53,5 milliards et d'un taux non négligeable de décès. Pour le Canada, la Banque Mondiale comptabilise 9466 morts associés à la pollution de l'air en 2013⁸⁰, alors que les données de la commission The Lancet rapportent 7142 morts en 2015⁸¹, et Santé Canada, 9500 décès en 2017⁸². Ainsi, il est estimé que respecter les cibles de l'Accord de Paris permettrait d'épargner, par la simple modération de la pollution résultante, plus d'un million de décès par année d'ici 2050⁸³.

La pollution de l'air a un impact encore plus important sur les populations vulnérables. Selon une étude réalisée à Montréal, c'est le cas des personnes souffrant d'un cancer ou de maladies chroniques comme le diabète, les maladies cardiovasculaires ou les maladies respiratoires^{84,85,86}. L'exposition à long terme à la pollution de l'air augmente aussi les taux de mortalité chez les personnes atteintes du diabète, de maladies pulmonaires obstructives chroniques (MPOC), d'insuffisance cardiaque et de maladies inflammatoires (lupus, arthrite rhumatoïde)⁸⁷.

De plus, de nombreuses recherches permettent dorénavant de rapporter l'impact de la pollution bien au-delà du fardeau de maladie, documentant son influence sur le développement cérébral et sur la cognition. Par exemple, il a récemment été montré que les fines particules de pollution

⁷⁷ GBD 2015 DALYs and HALE Collaborators, « Global, regional, and national depths, prevalence, disability-adjusted life years, and years lived with disability for chronic obstructive pulmonary disease and asthma, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015, » *The Lancet* 388, n°10053 : 1603-1658, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31460-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31460-X).

⁷⁸ Organisation Mondiale de la Santé. *Noncommunicable diseases country profiles 2018* (Genève : Organisation Mondiale de la Santé, 2018), <https://www.who.int/nmh/publications/ncd-profiles-2018/en/>.

⁷⁹ François Reeves, *Op. cit.*

⁸⁰ Banque Mondiale. *The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action* (Washington DC: Banque Mondiale, 2016), <http://documents.worldbank.org/curated/en/781521473177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWebCORRECTEDfile.pdf>.

⁸¹ Lancet Countdown and Canadian Public Health Association. *Lancet Countdown 2017 Report: Briefing for Canadian Policymakers*. 2017, https://www.cpha.ca/sites/default/files/uploads/advocacy/2017_lancet_canada_brief.pdf.

⁸² Santé Canada. *Health Impacts of Air Pollution in Canada: An estimate of premature mortalities* (Ottawa: Santé Canada, 2017), http://publications.gc.ca/collections/collection_2018/sc-hc/H144-51-2017-eng.pdf

⁸³ Organisation Mondiale de la Santé. COP24 special report: health and climate change. Genève: Organisation Mondiale de la Santé, 2018. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/276405/9789241514972-eng.pdf?ua=1>.

⁸⁴ Mark S. Golberg et al., « The association between daily mortality and ambient air particle pollution in Montreal, Quebec: 2. Cause-specific mortality, » *Environmental Research* 86, n°1 (2001) : 26-36, <https://doi.org/10.1006/enrs.2001.4243>.

⁸⁵ Mark S. Goldberg et al., « Associations between daily cause-specific mortality and concentrations of ground-level ozone in Montreal, Quebec, » *American Journal of Epidemiology* 154, n°9 (2001) : 817-826, <https://doi.org/10.1093/aje/154.9.817>.

⁸⁶ Mark S. Golberg et al., « Associations between ambient air pollution and daily mortality among persons with diabetes and cardiovascular disease, » *Environmental Research*, 100, n°2 (2006) : 255-267, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2005.04.007>.

⁸⁷ Francine Laden et al., « Reduction in fine particulate air pollution and mortality: extended follow-up of the Harvard six cities study, » *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 173, n°6 (2006) : 667-672, <https://doi.org/10.1164/rccm.200503-443OC>.

peuvent traverser la barrière placentaire et contaminer le fœtus⁸⁸, laissant présager un impact sur son potentiel développemental. Ainsi, les enfants nés en période de bas taux de pollution atmosphérique obtiennent de meilleurs résultats scolaires⁸⁹, alors que ceux nés lors de hauts niveaux de pollution ont montré une diminution de production et des revenus inférieurs à l'âge adulte⁹⁰. Or, la contamination aérienne a aussi un impact ponctuel sur nos fonctions cognitives tout au long de notre vie et il semble donc que des mesures de réduction de la pollution auront des bienfaits immédiats sur le rendement au travail. Ainsi, par exemple, une réduction des niveaux de dioxyde de soufre au Mexique a résulté en une augmentation significative d'heures productives par semaine de travail⁹¹. Si la pollution diminue la capacité de jugement et de prise de décision de la population, il est raisonnable d'envisager qu'elle affecte l'ensemble des sphères de vie des citoyens.

Santé mentale et stress

Conséquence longtemps occultée de l'impact des changements climatiques sur l'environnement et la biodiversité, on reconnaît à part entière une détresse physique et émotionnelle en réponse à la dégradation environnementale. Les événements climatiques extrêmes ont des répercussions importantes sur la santé mentale, pouvant entraîner des syndromes de stress post-traumatique et causer des épisodes dépressifs⁹². Outre les événements climatiques extrêmes, les changements climatiques entraînent de la détresse mentale par l'entremise d'autres mécanismes⁹³, dont l'élévation de la température. Au Québec, on rapporte une augmentation des consultations psychiatriques en lien avec l'augmentation des températures et de l'humidité⁹⁴. On a montré une relation directe entre les changements de température et les mesures de détresse psychologique⁹⁵. Par ailleurs, on a récemment attribué aux changements climatiques un sentiment plus général, mais non moins important, de stress physique et mental nommé le « deuil écologique⁹⁶. » Le deuil écologique est une expérience concomitante à plusieurs pertes : une perte matérielle à la suite de la dégradation du milieu de vie, une perte identitaire suite à l'érosion de systèmes de savoir ancrés dans l'environnement et des pertes anticipées suite aux discours sombres et aux prédictions alarmantes

Syndrome de stress post-traumatique :

syndrome survenant à la suite d'un épisode traumatisant, où les individus revivent dans leur tête cet épisode, évitent des situations pouvant leur rappeler l'épisode et un sentiment de peur généralisé.

Dépression : maladie où les individus sont envahis d'émotions négatives durant une période de temps excédant la normale.

⁸⁸ Norrice Liu et al., « Late Breaking Abstract - Do inhaled carbonaceous particles translocate from the lung to the placenta? » *European Respiratory Journal* 52, suppl 62 (2018): 360, https://erj.ersjournals.com/content/52/suppl_62/PA360.

⁸⁹ Nicholas J. Sanders, « What doesn't kill you makes you weaker: Prenatal pollution exposure and educational outcomes, » *Journal of Human Resources* 47, n°3 (2012): 826-850, <http://jhr.uwpress.org/content/47/3/826.refs?related-urls=yes&legid=wpjhr;47/3/826>.

⁹⁰ Adam Isen, Maya Rossin-Slater et Reed Walker, « Relationship between season of birth, temperature exposure, and later life wellbeing, » *PNAS* 114, n°51 (2017): 13447-13452, <https://doi.org/10.1073/pnas.1702436114>.

⁹¹ Rema Hanna et Paulina Oliva, « The effect of pollution on labor supply: Evidence from a natural experiment in Mexico City, » *Journal of Public Economics* 122 (2015): 68-79, <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2014.10.004>.

⁹² Armen K. Goenjian et al., « Posttraumatic stress and depressive reactions among Nicaraguan adolescents after hurricane Mitch, » *American Journal of Psychiatry* 158, n°5 (2001): 788-94, <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.158.5.788>.

⁹³ Helen Louise Berry, Kathryn Bowen et Tord Kjellstrom, « Climate change and mental health: a causal pathways framework, » *International Journal of Public Health* 55, n°2: 123-132, <https://doi.org/10.1007/s00038-009-0112-0>.

⁹⁴ Stephen Vida et al., « Relationship between ambient temperature and humidity and visits to mental health emergency departments in Quebec, » *Psychiatric Services* 63 n°11 (2012): 1150-53, <https://doi.org/10.1176/appi.ps.201100485>.

⁹⁵ Ning Ding, Helen L. Berry et Charmian M. Bennett, « The importance of humidity in the relationship between heat and population mental health: Evidence from Australia, » *PLoS One* 11, n°10 (2016) : 15, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164190>.

⁹⁶ Ashlee Cunsolo et Neville R. Nellis, « Ecological grief as a mental health response to climate change-related loss, » *Nature Climate Change* 8 (2018): 275-281, <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0092-2#additional-information>.

associées à la situation climatique actuelle. Documentant ce phénomène émergent, l'étude séminale de Cunsolo et Nellis rapporte le vécu de populations autochtones du Nord du Canada et de populations d'agriculteurs de la Wheatbelt Australienne, faisant état d'un éventail d'affects négatifs en réaction à la dégradation de l'environnement et du réchauffement climatique, dont la tristesse, la détresse, la colère, la peur, la désolation et le désespoir. Les auteurs dressent également le bilan de conséquences aiguës telles que le syndrome de stress post-traumatique, le trouble d'anxiété, les abus de substance et l'idéation suicidaire. Enfin, on y détaille aussi le sentiment de « solastalgie », l'expérience de se sentir étranger même chez soi en regard de l'altération du milieu de vie. Au Canada, cette expérience a notamment été rapportée en marge des nombreux feux de forêt affectant l'Ouest Canadien au cours de l'été 2018, causant l'annulation de nombreuses activités estivales telles des randonnées et des marathons, et menant de nombreux Canadiens à s'isoler dans leur demeure⁹⁷.

Prévision de l'impact des changements climatiques sur la santé dans les prochaines années

Les inégalités sociales représentent déjà, aujourd'hui, une cause de vulnérabilité en santé. La défavorisation sociale dans son ensemble représente également un facteur de vulnérabilité aux conséquences des changements climatiques, tant à l'échelle mondiale que provinciale^{98,99}. À titre d'exemple, les personnes défavorisées sont plus susceptibles d'être isolées socialement, de souffrir d'une maladie chronique ou d'habiter dans des quartiers peu végétalisés⁹⁸. La vulnérabilité des groupes défavorisés socialement pourrait favoriser une exacerbation des inégalités sociales en contexte de changements climatiques.

Il importe donc de cibler le plus précisément possible les groupes de la population québécoise qui sont plus vulnérables aux changements climatiques.

Migrants

Les changements climatiques constituent un facteur déterminant dans la santé de populations migrantes, mais il est important de comprendre que les populations qui se déplacent dans ces circonstances le font souvent en dernier recours¹⁰⁰. Au fil des années, ces populations sont affectées à la fois par les conséquences directes des changements climatiques telles que les vagues de chaleur extrêmes, les feux de forêt et les inondations, ainsi que ses impacts secondaires comme la réduction de rendements agricoles, la détérioration de la qualité des eaux douces et de la qualité de l'air¹⁰¹. Ultiment, ces peuples se trouvent face à une situation où il est impossible d'assurer leur subsistance et, leur santé étant compromise, se trouvent contraints à se déplacer¹⁰¹. Ces circonstances sont généralement les plus dangereuses car les groupes les plus vulnérables – c'est-à-dire les enfants, les personnes âgées et les personnes gravement malades – sont à risque de

⁹⁷ Sharon Riley, « The lost summer : the emotional and spiritual toll of the smoke apocalypse », 26 février, 2019, <https://thenarwhal.ca/the-lost-summer-the-emotional-and-spiritual-toll-of-the-smoke-apocalypse/>.

⁹⁸ Geoffroy Denis, « Smog et chaleur, mauvais duo », *Le médecin du Québec* 45 n°12 (2010): 29-33.

⁹⁹ Berry P et al. « Santé humaine. » In : F. J. Warren et D.S. Lemmen. *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspective des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation* (Ottawa : Ressources naturelles Canada, 2014), https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf.

¹⁰⁰ Patricia Schwerdtle, Kathryn Bowen, and Celia McMichael, « The health impacts of climate-related migration », *BMC medicine* 16, n° 1 (2018): 1, <https://doi.org/10.1186/s12916-017-0981-7>.

¹⁰¹ Stefanie Schütte et al., « Connecting planetary health, climate change, and migration », *The Lancet Planetary Health* 2, n°2 (2018): e58-e59, [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30004-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30004-4).

développer ou d'aggraver des problèmes de santé. Le processus de relocalisation en lui-même comporte ses périls, mais il faut aussi noter que la plupart des destinations initiales de ces populations se trouvent dans des pays en voie de développement, qui font souvent face à leurs propres difficultés et qui manquent de ressources pour assurer les besoins de ces nouveaux arrivants¹⁰².

Il est important de prendre ces éléments en considération lorsqu'il est question des populations migrantes issues de telles situations et des adversités auxquelles elles ont dû faire face. Ce phénomène n'est pas près de diminuer, comme on prévoit que 140 millions d'individus devront entreprendre un parcours migratoire d'ici 2050 en lien direct avec l'impact des changements climatiques sur leur milieu de vie¹⁰³. L'arrivée massive de réfugiés environnementaux exigera beaucoup de ressources gouvernementales, particulièrement en ce qui a trait au système de santé. En effet, ces migrants seront en général en moins bonne santé que le citoyen canadien moyen et nécessitera davantage de soins. De plus, des réfugiés provenant de régions où les problèmes environnementaux sont importants risquent d'apporter avec eux certaines maladies qu'ils auront attrapées, effets secondaires aux effets des désastres environnementaux qu'ils auront affrontés.

Communautés autochtones

Au-delà de l'impact culturel qu'ont entraîné les changements climatiques chez les peuples nordiques au fil des années, ses effets se font déjà ressentir au niveau de la santé de ces populations. Ces communautés sont les premières à faire face aux contrecoups immédiats de la transformation de l'environnement : la perturbation de la saison froide, la fonte du pergélisol¹⁰⁴ et la régression de proies traditionnelles telles que le caribou et l'oie canadienne ne sont que quelques-uns des changements que nous pouvons commencer à attribuer directement aux conséquences du réchauffement climatique global¹⁰⁵. Les effets de ces perturbations peuvent être drastiques pour certaines communautés, par exemple les Cris des régions de Whapmagoostui et de Mistissini qui dépendent de l'abondance de caribou durant les saisons de chasse pour équilibrer leur régime alimentaire¹⁰⁶.

Ces éléments, conjugués à d'autres qui dépassent le sujet de ce mémoire, contribuent à la sédentarisation de ces populations nordiques, phénomène largement étudié dans la littérature, et conséquemment à une morbidité largement plus élevée chez les membres de ces communautés. Le diabète est une des maladies directement liées à cette sédentarisation et dont la portée est la plus frappante chez ces populations. *Diabète Canada* suggère que la prévalence du diabète se situe entre 10,3% et 17,2% pour les populations des Premières Nations, contre seulement 5,0% pour la population générale¹⁰⁷. Ces individus sont diagnostiqués à un âge plus précoce, sont plus à risque de développer des complications du diabète telles que de l'insuffisance rénale, une rétinopathie,

¹⁰² Patricia Schwerdtle, Kathryn Bowen, and Celia McMichael, *Loc. cit.*

¹⁰³ Sheila Murray, « Environmental Migrants and Canada's Refugee Policy, » *Refuge* 27, no 1 (2010): 89, <https://refuge.journals.yorku.ca/index.php/refuge/article/download/34351/31258>.

¹⁰⁴ Marie-Michèle Bourassa et Philippe Auzel, « Les changements climatiques au Nunavik: de l'évaluation des impacts à une gestion intégrée des transitions pour la conservation des écosystèmes, » *Téoros. Revue de recherche en tourisme* 31, n°1 (2012): 72-81, <https://doi.org/10.7202/1020711ar>.

¹⁰⁵ Marie-Jeanne Royer et Thora Herrmann, « Socioenvironmental changes in two traditional food species of the Cree First Nation of subarctic James Bay, » *Cahiers de géographie du Québec* 55, n°156 (2011): 575-601, <https://doi.org/10.7202/1008895ar>.

¹⁰⁶ *Ibid.*

¹⁰⁷ Tanvir Chowdhury Turin et al., « Lifetime risk of diabetes among First Nations and non-First Nations people, » *Canadian Medical Association Journal* 188, n°16 (2016): 1147-1153, <https://doi.org/10.1503/cmaj.150787>.

l'amputation de membres inférieurs et supérieurs, et de surcroît sont plus vulnérables face à d'autres comorbidités, notamment l'hypertension, les maladies coronariennes et l'obésité¹⁰⁸. Cette nouvelle réalité entraîne aussi une hausse des taux de suicide, de violence, de troubles liés à une substance et de morbidité en santé mentale chez les populations Cris et Inuits, qui se sont heurtées dans les dernières années à plusieurs épidémies de suicide au Québec et ailleurs au Canada¹⁰⁹. L'avenir réserve encore d'autres obstacles à ces communautés, qui devront faire face à l'apparition de moustiques, potentiellement porteurs de nouvelles maladies, ainsi que la progression de la résistance et de la viabilité de certains parasites tels que le *Toxoplasma*, dont près de deux tiers des adultes Inuits sont colonisés¹¹⁰.

Les populations du Nord-du-Québec et des autres régions éloignées : l'impact de l'économie locale sur la santé

Précédemment, il est exposé que les communautés autochtones représentent une part vulnérable de la population québécoise aux changements climatiques. Il importe également de souligner que ce phénomène peut également avoir des conséquences sur la santé des populations non-autochtones du Nord-du-Québec, tout comme d'autres régions éloignées de la province, telles que l'Abitibi-Témiscamingue, le Bas-Saint-Laurent, la Côte-Nord et la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine.

Premièrement, la *Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020*¹¹¹ du Québec souligne la fragilité des infrastructures du Nord-du-Québec contre la dégradation du pergélisol et la complexification supplémentaire de l'aménagement du territoire en contexte de fragilisation des glaces, de hausse du niveau de la mer et d'augmentation du risque d'avalanches. La figure 1 illustre les zones à risque d'affaissement du sol conséquemment au dégel du pergélisol dans le Nord-du-Québec. L'effondrement du pergélisol menace les infrastructures nécessaires au maintien de la santé des communautés de cette région, comme celles permettant d'offrir des soins, les écoles et plus.

D'une perspective plus large, la *Stratégie* souligne que la hausse du niveau de la mer, de la fréquence et de l'intensité des intempéries ainsi que de la température menacent les infrastructures de transport, de services (hôpitaux, écoles et plus) et les activités économiques dépendantes de l'environnement comme l'industrie du tourisme estivale et hivernale, l'agrotourisme, l'exploitation minière, les activités côtières, la chasse et la pêche¹¹². Ces activités économiques sont importantes pour les régions ressources, soit l'Abitibi-Témiscamingue, le Bas-Saint-Laurent, la Côte-Nord, la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine et le Nord-du-Québec¹¹³. L'économie locale y donc plus susceptible

¹⁰⁸ Lynden Crowshoe et al., « Type 2 Diabetes and Indigenous Peoples, » *Canadian Journal of Diabetes* 42, suppl 1: S296-306, <https://guidelines.diabetes.ca/docs/cpg/Ch38-Type-2-Diabetes-and-Indigenous-Peoples.pdf>.

¹⁰⁹ Laurence J. Kirkmayer, Gregory M. Brass et Caroline L. Tait, « The mental health of Aboriginal peoples: Transformations of identity and community, » *The Canadian Journal of Psychiatry* 45, n°7 (2000): 607-616, <https://doi.org/10.1177/070674370004500702>.

¹¹⁰ V. Messier et al., « Seroprevalence of seven zoonotic infections in Nunavik, Quebec (Canada), » *Zoonoses and Public Health* 59, n°2 (2012): 107-117, <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2011.01424.x>.

¹¹¹ Gouvernement du Québec. *Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020* (Québec : Gouvernement du Québec, 2012), http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/strategie-adaptation2013-2020.pdf.

¹¹² *Ibid.*

¹¹³ Gouvernement du Québec. *Portrait économique des régions du Québec – Édition 2018* (Québec : Gouvernement du Québec, 2018), https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/content/documents_soutien/regions/portraits_regionaux/portrait_socio_econo.pdf

aux conséquences des changements climatiques, tout comme une part plus importante des emplois de ces régions^{114,115}.

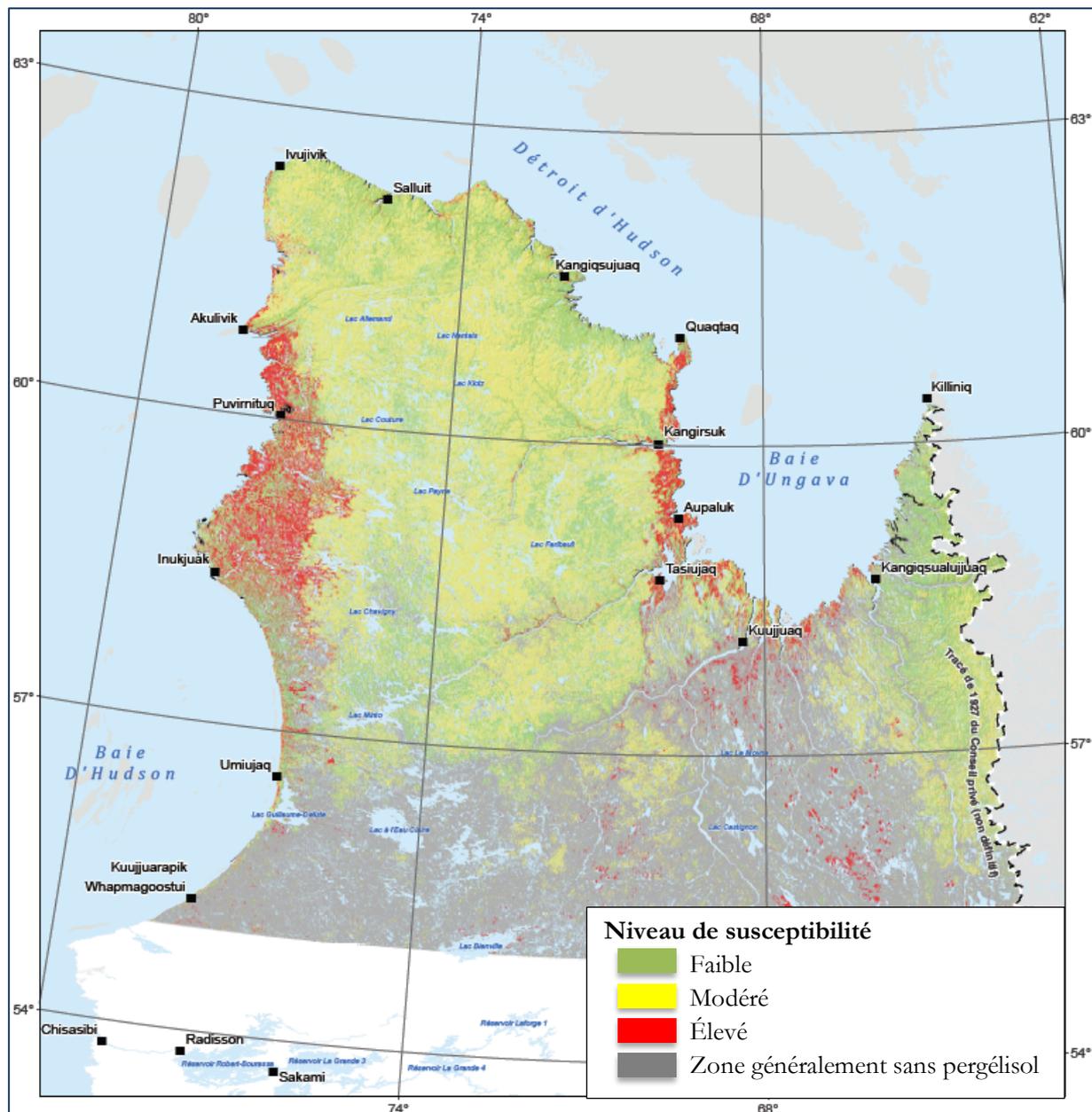


Figure 2 : Susceptibilité aux affaissements de sol associés au dégel du pergélisol¹¹⁶

La production alimentaire à travers le Québec pourrait être affectée de façon variée par les changements climatiques. Une augmentation du niveau de pluie et des hivers moins rudes pourraient accroître la production alimentaire, alors qu'un nombre plus élevé de tempêtes et de sécheresses de plus forte intensité pourrait grandement réduire la production de nourriture dans

¹¹⁴ Gouvernement du Québec. *Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020*. (Québec : Gouvernement du Québec, 2012), http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/strategie-adaptation2013-2020.pdf

¹¹⁵ Institut de la statistique du Québec. *Panorama des régions du Québec -Édition 2016* (Québec : Institut de la statistique du Québec, 2016), <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/panorama-regions-2016.pdf>.

¹¹⁶ Ministère des forêts, de la faune et des parcs. « Cartographie écologique du Nord québécois. » 2018. <https://mffp.gouv.qc.ca/les-forets/amenagement-durable-forets/inventaire-ecoforestier/produits-et-donnees-dinventaire/cartographie-ecologique-nord-quebecois/>

d'autres régions. Le nombre de ravageurs et de maladies pourrait aussi augmenter¹¹⁷. Ainsi, la disponibilité et l'accessibilité de diverses denrées changeront, aboutissant à une modification des choix alimentaires au niveau des ménages¹¹⁸.

Les personnes âgées

Selon l'INSPQ, la population âgée de 65 ans et plus représentait 17,5% de la population québécoise en 2015 et on prévoit qu'elle devrait en représenter 25% en 2030¹¹⁹. Ce groupe démographique est vulnérable aux changements climatiques.

Des facteurs comme un niveau de conditionnement physique réduit, une susceptibilité à la déshydratation chronique, une sensation de soif réduite, des déficiences cognitives et l'isolement social les rendent également plus vulnérables en cas de vague de chaleur¹²⁰. Cette susceptibilité à la chaleur peut avoir des conséquences aiguës, comme l'aggravation d'une maladie chronique préexistante ou l'induction d'un épuisement par la chaleur, d'une syncope ou d'un coup de chaleur¹²¹. En cas de déshydratation, la probabilité de chute augmente, un événement qui peut avoir des conséquences à long terme chez les personnes âgées¹²².

Syncope : perte de conscience, souvent d'origine cardiaque ou neurologique. Une syncope peut être le signe d'une arythmie cardiaque grave entraînant la mort.

Certaines maladies chroniques rendant les individus plus fragiles aux effets délétères des changements climatiques sont plus fréquentes chez les personnes âgées, comme le diabète ou l'insuffisance cardiaque^{123,124}. Il est à noter que les personnes âgées ne sont pas à l'abri des autres conséquences des changements climatiques, comme les problèmes de santé mentale.

Enfants

Les enfants sont *a priori* une population vulnérable, plus particulièrement dans le contexte des changements climatiques importants actuels. Leur vulnérabilité découle de plusieurs facteurs, en raison de leur autonomie limitée, de leur besoin d'être supervisé et protégé par ceux qui en sont responsables, et de leur physiologie croissante fragile. Leurs caractéristiques physiques ainsi que

¹¹⁷ Agriculture Canada, « Impact of Climate Change on Canadian Agriculture, » 30 juillet, 2015, <http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/agricultural-practices/climate-change-and-agriculture/future-outlook/impact-of-climate-change-on-canadian-agriculture/?id=1329321987305>.

¹¹⁸ Alexandre Meybeck et al., *Sécurité alimentaire et nutrition à l'heure des changements climatiques. Actes du Colloque international organisé par le gouvernement du Québec en collaboration avec la FAO* (Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2017), <http://www.fao.org/3/CA1334FR/ca1334fr.pdf>.

¹¹⁹ Institut national de santé publique du Québec. « Indicateurs synthèses. » 2018. <https://www.inspq.qc.ca/santescope/indicateurs-syntheses>.

¹²⁰ Berry P et al. « Santé humaine. » In : F. J. Warren et D.S. Lemmen. *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspective des secteurs relatifs aux impacts et à l'adaptation* (Ottawa : Ressources naturelles Canada, 2014), https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf.

¹²¹ Geoffroy Denis, *Loc. cit.*

¹²² Agence de la santé publique du Canada. *Chutes chez les aînés au Canada- Deuxième rapport* (Ottawa: Agence de santé publique du Canada, 2014), https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/migration/phac-aspc/seniors-aines/publications/public/injury-blessure/seniors_falls-chutes_aines/assets/pdf/seniors_falls-chutes_aines-fra.pdf.

¹²³ Ministère de la santé et services sociaux, « Statistiques de santé et de bien être selon le sexe – Tout le Québec, » 2018, <http://www.msss.gouv.qc.ca/professionnels/statistiques-donnees-sante-bien-etre/statistiques-de-sante-et-de-bien-etre-selon-le-sexe-volet-national/etat-et-problemes-de-sante/>.

¹²⁴ Gouvernement du Canada, « Les maladies du cœur au Canada : Faits saillants du Système canadien de surveillance des maladies chroniques, » 2017, <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/maladies-et-affections/maladies-coeur-canada-fiche-technique.html>.

leurs comportements les mettent plus à risque lors de situations exceptionnelles résultant de désastres météorologiques ou encore dans des situations déjà précaires qui sont aggravées par les changements climatiques. Entre autres, les enfants consomment plus d'eau et de certains aliments, ont un contact mains-à-bouche plus élevé, sont en croissance et développement rapides et ont une physiologie, en particulier au niveau du système immunitaire, moins mature¹²⁵. Tous ces facteurs augmentent considérablement leur risque infectieux (contamination des eaux et vulnérabilité aux vecteurs infectieux tel que les populations de moustiques en nombre important près de sites inondés) ainsi que leur risque de contamination (par exemple à travers des sources d'eau polluées).

La santé respiratoire et l'impact sur le développement pulmonaire chez l'enfant représentent une conséquence importante des changements climatiques. Il est déjà connu que le développement des poumons ne se complète qu'à la fin de l'adolescence. Néanmoins, il a également été prouvé que le taux de pollution ambiante, en croissance continue, a un impact sur la maturation des poumons jusqu'à l'âge de 18 ans : les enfants ayant été exposés à des plus hautes concentrations de polluants aériens sont 4,9 fois plus à risque de développer des déficiences cliniques en fonction pulmonaire, augmentant le taux de morbidité de 1,6% à 7,9%¹²⁶. Cela engendre non seulement un plus gros fardeau de maladie pulmonaire chez les enfants mais également une plus grande charge de comorbidité en maladies pulmonaires chez les adultes en venir, facteur important de complications et de risques de mort précipitée.

Par ailleurs, les perturbations climatiques peuvent mener à un manque de ressources alimentaires et peuvent engendrer des problèmes de malnutrition sévère et, dans les cas plus extrêmes, des retards de croissance et des troubles du développement importants chez les enfants¹²⁷.

La capacité de thermorégulation est également réduite chez les enfants (le ratio de surface corporelle pour masse est augmenté jusqu'à l'âge de 5 ans), tout particulièrement chez les nourrissons de moins d'un an, ce qui en fait d'eux une population plus vulnérable lors de fluctuations de température extrêmes¹²⁸. De plus, ces changements de température drastiques peuvent être une cause importante de déshydratation et peuvent avoir un impact sur la santé globale des enfants. Aux États-Unis, les grandes canicules ont entraîné un plus grand nombre d'hospitalisation des enfants pour raison de déshydratation, un phénomène tout à fait observable lors de périodes de canicule similaires au Québec¹²⁹.

¹²⁵ Séguin, Jacinthe et al., *Op. cit.*

¹²⁶ W James Gauderman et al., « The Effect of Air Pollution on Lung Development from 10 to 18 Years of Age, » *New England Journal of Medicine* 351, n°11 (2004): 1057-1067, www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa040610.

¹²⁷ Jacinthe Séguin et al. *Op. cit.*

¹²⁸ W James Gauderman et al. *Loc. cit.*

¹²⁹ Institut national de santé publique, « Changements climatiques : et si l'on se souciait des petits? » 23 mars, 2019, <http://www.monclimatmasante.qc.ca/changements-climatiques--et-si-l-on-se-souciait-des-petits.aspx>.

LA LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES COMME POLITIQUE DE SANTÉ PUBLIQUE

Impacts sur la population et le système de santé

À la lumière de ce que nous avons documenté plus haut, le constat est clair : les changements climatiques représentent une menace majeure pour la santé de la population, et leur impact se fait déjà ressentir au Québec malgré sa situation géographique privilégiée comparativement à d'autres régions du monde.

Rappelons qu'au Québec, les changements climatiques devraient entraîner, au cours des 50 prochaines années, 20 000 décès additionnels. Par ailleurs, les allergies de pollen et d'herbe à poux ont doublé dans les 30 dernières années dues au réchauffement et à l'augmentation du CO₂¹³⁰. Nos hôpitaux devront être en mesure d'accommoder l'exacerbation de ces problèmes de santé, ainsi que de nombreux autres : augmentation des crises d'asthme en périphérie des feux de forêt, gastroentérites secondaires à la contamination des eaux lors d'épisodes de pluie abondante et prise en charge d'une clientèle croissante affectée de maladies zoonotiques telle la maladie de Lyme et le virus du Nil.

Impact économique

Ainsi, les changements climatiques représentent un poids important et une réalité alarmante pour l'ensemble du réseau et des acteurs du système de santé. Or, ce fardeau est également associé à un coût économique significatif. Le réseau de chercheurs d'Ouranos, qui a été mandaté d'estimer cet impact économique pour le Québec et l'État québécois, rend compte dans son rapport d'un coût totalisant entre 608 millions et 1,07 milliard dans les 50 prochaines années, seulement pour l'impact de la chaleur et de l'intensification des allergies de pollen¹³⁰. Au Canada, les coûts associés à la pollution de l'air, incluant les problèmes de santé et les invalidités, sont estimés à 36 milliards en 2015¹³¹.

Ce rapport souligne qu'en vertu des Accords d'aide financière en cas de catastrophe (AAFCC), les inondations coûtent pour leur part déjà à l'État québécois quelque 70 millions par année en indemnités, une somme qui pourrait augmenter en raison de l'intensification des pluies abondantes. Pour sa part, le rapport de l'Institut international pour le développement durable a évalué qu'en 2015, les coûts associés aux vagues de chaleur au Canada étaient de 1,6 milliard. De plus, il en coûte actuellement environ 3 000 000\$ pour le déploiement d'un plan d'urgence lorsqu'une vague de chaleur frappe 4 ou 5 régions administratives du Québec¹³⁰ et il est évalué que, d'ici environ 30 ans, le nombre de jours de canicule risque d'être 3 à 7 fois plus élevé selon les villes¹³².

¹³⁰ Caroline Larrivée et al., *Op. cit.*

¹³¹ International Institute for Sustainable Development, « Costs of Pollution in Canada: Measuring the impacts on families, businesses and governments, » 23 mars, 2019, <https://www.iisd.org/library/cost-pollution-canada>.

¹³² Ouranos, « Portraits climatiques, » 19 février, 2019, <https://www.ouranos.ca/portraitsclimatiques/#/regions/0>.

Coût économique global

Échelle mondiale

La perception que les coûts d'adaptation sont exagérés ou problématiques pour mitiger les changements climatiques n'est conséquemment pas justifiée. Il apparaît qu'au contraire, l'absence d'action engendrera des coûts économiques d'une ampleur bien plus importante. Dans un récent rapport du *Institute for New Economic Thinking*, Schröder et Servaas montrent empiriquement que les coûts économiques associés aux impacts du réchauffement climatique, s'ils ne sont pas mitigés, seraient suffisants pour entraîner l'effondrement de l'économie mondiale¹³³. Rappelons que le réchauffement climatique est déjà estimé avoir coûté 158 millions d'heures de travail en 2017¹³⁴ et entraînerait plus de 100 millions d'humains dans la pauvreté d'ici 2050. Ce fardeau économique est particulièrement apparent dans ce rapport des États-Unis : alors qu'en 1984, seulement deux événements météorologiques ont excédé la somme d'un milliard de dollars en termes de dégâts (valeur actualisée), en 2017 les États-Unis ont connu seize événements de cette ampleur, pour un coût total annuel de 200 milliards de dollars en dégâts¹³⁵. Nous ne sommes pas à l'abri de tels événements : en 2011, la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (TRNEE) estimait que les changements climatiques coûteraient de 0,8% à 1,0% du PIB au Canada vers 2050¹³⁶.

Échelle québécoise

Au Québec, ceci implique un coût entre 2,4 et 3,0 milliards de dollars (pour un PIB actuel estimé à 300 milliards). Dans les 50 prochaines années, l'impact économique du réchauffement climatique sur nos infrastructures seules, par le dégel du pergélisol, l'érosion des côtes et les inondations, a été évalué dans le rapport d'Ouranos entre 621 millions et 1,25 milliard¹³⁷.

À la lumière de telles sommes, le rapport conclut que des mesures d'adaptation seraient « très rentables », constituant des « mesures sans regret que la société dans son ensemble a tout intérêt à mettre en œuvre¹³⁷. » En fait, peu importe le scénario analysé, les bénéfices associés à des efforts de mitigation seront considérables, autant pour l'économie que la santé¹³⁸.

Investissements en santé publique

À cet effet, il a été démontré en Ontario que les investissements de santé publique dans une optique de protection environnementale menaient à une réduction des dépenses de santé ainsi qu'à un bénéfice social net, alors que des mesures de santé publique excluant des considérations de qualité environnementale contribuaient inversement à augmenter les dépenses publiques en santé¹³⁹. Les

¹³³ Enno Schröder et Servaas Strom. *Economic Growth and Carbon Emissions: The Road to 'Hothouse Earth' is Paved with Good Intentions*, Institute for New Economic Thinking (2018), https://www.ineteconomics.org/uploads/papers/WP_84.pdf.

¹³⁴ Nick Watts et al., *Loc. cit.*

¹³⁵ Jesse E. Bell et al., « Changes in extreme events and the potential impacts on human health, » *Journal of the Air & Waste Management Association* 68, n°4 (2018): 265-287, <https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1401017>.

¹³⁶ Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (TRNEE), 2011.

¹³⁷ Caroline Larrivée et al., *Op. cit.*

¹³⁸ Anil Markandya et al., « Health co-benefits from air pollution and mitigation costs of the Paris Agreement: a modelling study, » *The Lancet Planetary Health* 2, n°3 (2018): E126-E133, [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(18\)30029-9/fulltext#](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(18)30029-9/fulltext#)

¹³⁹ Michael Jerrett et al., « Environmental influences on healthcare expenditures: an exploratory analysis from Ontario, Canada, » *Journal of Epidemiology & Community Health* 57, n°5 (2003): 334-338, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1732448/pdf/v057p00334.pdf>.

résultats de cette étude démontrent que l'émission d'une tonne de polluants atmosphériques de plus équivaut à une augmentation de 3 cents par capita de dépenses en santé. Ainsi, si l'on compare la région avec le plus de pollution en Ontario avec celle en ayant le moins, on retrouve une différence de près de 355\$ de dépenses par capita. Dans la même veine, les différences entre les investissements en mesures environnementales préventives font état d'une réduction de 200\$ par capita pour les régions les plus proactives. Selon une autre étude, en raison de la diminution de la mortalité, on pourrait épargner entre 30\$ et 600\$ pour chaque tonne de CO₂ de moins émise localement¹⁴⁰.

Ces bénéfices sociaux sont d'autant plus importants que la littérature commence à illustrer clairement que les conséquences indirectes du réchauffement climatique constituent véritablement une question de santé publique. Le phénomène de la hausse du nombre de jours d'été jugés comme dangereux pour cause de smog ou de température excessive dans les régions urbaines du Québec et de l'Ontario a été relié à une baisse de l'activité physique de plein air¹⁴¹. Comme pour la grande majorité des problèmes de santé publique, ces conséquences se font ressentir en premier lieu sur les populations vulnérables, que ce soit dans les pays en voie de développement ou ici-même au Québec.

¹⁴⁰ Jason West et al., « Co-Benefits of Mitigating Global Greenhouse gas Emissions for Future Air Quality and Human Health, » *Nature Climate Change* 3 (2013) : 885–889, <https://www.nature.com/articles/nclimate2009>.

¹⁴¹ Lea Berrang-Ford et D. Noble, « Climate change and health in Canadian municipalities, » *Environmental Health Review* 50, n°4 (2007):109–115.

MESURES ENVIRONNEMENTALES POUR DIMINUER LES PROBLÈMES DE SANTÉ

Des mesures concrètes peuvent être mises en place pour ralentir les changements climatiques et en prévenir les conséquences au Québec, tel que présenté à la figure 3. Selon Godard¹⁴², ces mesures doivent se baser sur deux piliers : veiller à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et développer des stratégies d'adaptation aux changements climatiques. La présente section a pour objectif d'éclaircir la nature de ces solutions et de mettre en évidence leur pertinence pour la santé de la population québécoise.

Diminuer les gaz à effet de serre

Comme les gaz à effet de serre sont à la source des changements climatiques, ils sont également à l'origine de la majorité des problèmes de santé liés à ces changements qui ont été décrits précédemment. Ainsi, le Québec doit participer à l'effort international de diminution des gaz à effet de serre (GES). De plus, le Québec a le potentiel, de par son accès à l'hydroélectricité et ses pôles d'innovation, d'être le chef de file au Canada et même de figurer parmi les leaders mondiaux au niveau des énergies vertes, de la mobilité durable, de l'efficacité énergétique et de l'aménagement du territoire.

Il est également important de réaliser que, en plus de contribuer aux changements climatiques planétaires, la pollution émise au Québec a un impact local et à très court terme sur la santé des gens. Autrement dit, les Québécois sont les premières victimes de la pollution qui est émise au Québec. Il s'agit là d'une motivation supplémentaire pour le Québec de réduire ses émissions de GES.

Favoriser une transition énergétique

Sachant que le Canada se trouve parmi les dix plus grands émetteurs de GES mondiaux¹⁴³ et sachant qu'au Canada, les émissions de GES ont connu une hausse de 26,3 % entre 1990 et 2016¹⁴⁴, des mesures doivent être mises en place pour réduire les émissions de GES.

Des investissements dans une transition énergétique sont nécessaires. Investir dans une transition énergétique permettrait de réduire l'émission de CO₂ tout en étant moins coûteux que les pertes de revenu conséquentes à l'épuisement des ressources, des pertes écologiques comme les services écosystémiques ainsi que les effets directs du réchauffement et du dégel du pergélisol pour ne nommer que ces exemples¹⁴⁵. Tout retard menace de devoir mettre en branle des mesures encore plus coûteuses pour atteindre les objectifs de ralentissement des changements climatiques. Éthiquement, il s'agit aussi de traiter de manière égale toutes les générations, sans faire assumer

¹⁴² Olivier Godard, « Le Rapport Stern sur l'économie du changement climatique était-il une manipulation grossière de la méthodologie économique ? » *Revue d'Économie politique* 117, n°4 (2007) : 475-506, <https://www.cairn.info/revue-d-economie-politique-2007-4-page-475.htm>.

¹⁴³ Gouvernement du Canada, « Global greenhouse gas emissions, » 10 mai, 2018, <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/global-greenhouse-gas-emissions.html>.

¹⁴⁴ Organisation des Nations Unies. *Données présentées dans les inventaires nationaux de gaz à effet de serre pour la période 1990-2016 – Rapport du secrétariat (FCCC/SBI/2018/17)*. Convention-cadre sur les changements climatiques, Katowice, décembre 2018.

¹⁴⁵ Olivier Godard, *Loc. cit.*

aux générations futures des coûts économiques disproportionnés consécutifs aux changements climatiques, ni subir les effets délétères en santé de ceux-ci¹⁴⁵.

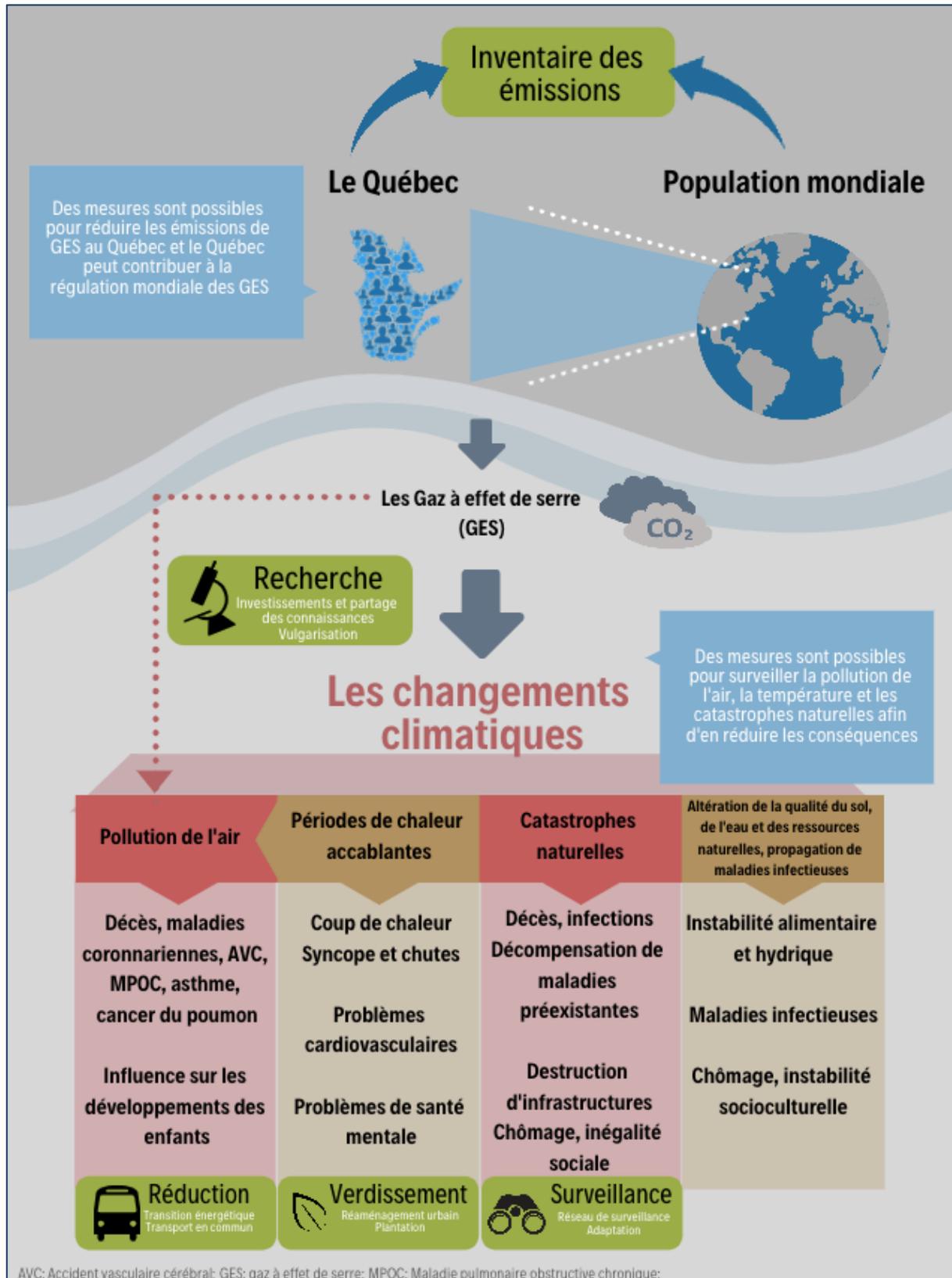


Figure 3 : Schématisation des solutions possibles et leurs conséquences positives sur la réduction du fardeau social et de santé des changements climatiques

Selon l'inventaire 2016 des émissions de GES par les entreprises du Québec¹⁴⁶, le secteur du transport est le principal responsable des émissions de GES au Québec : comme le présente la figure 4, 80,1% des émissions du secteur du transport proviennent du transport routier, ce qui équivaut à 34,4% de l'ensemble des émissions québécoises. Les émissions de ce secteur ont augmenté de 52,3% entre 1990 à 2016, notamment par une variation de 171,4% des émissions provenant des véhicules lourds¹⁴⁶. Au Québec, des mesures visant à réguler l'émission de GES, et ce, en tenant compte de l'important secteur du transport routier dont les émissions sont en hausse, peuvent et doivent être prises.

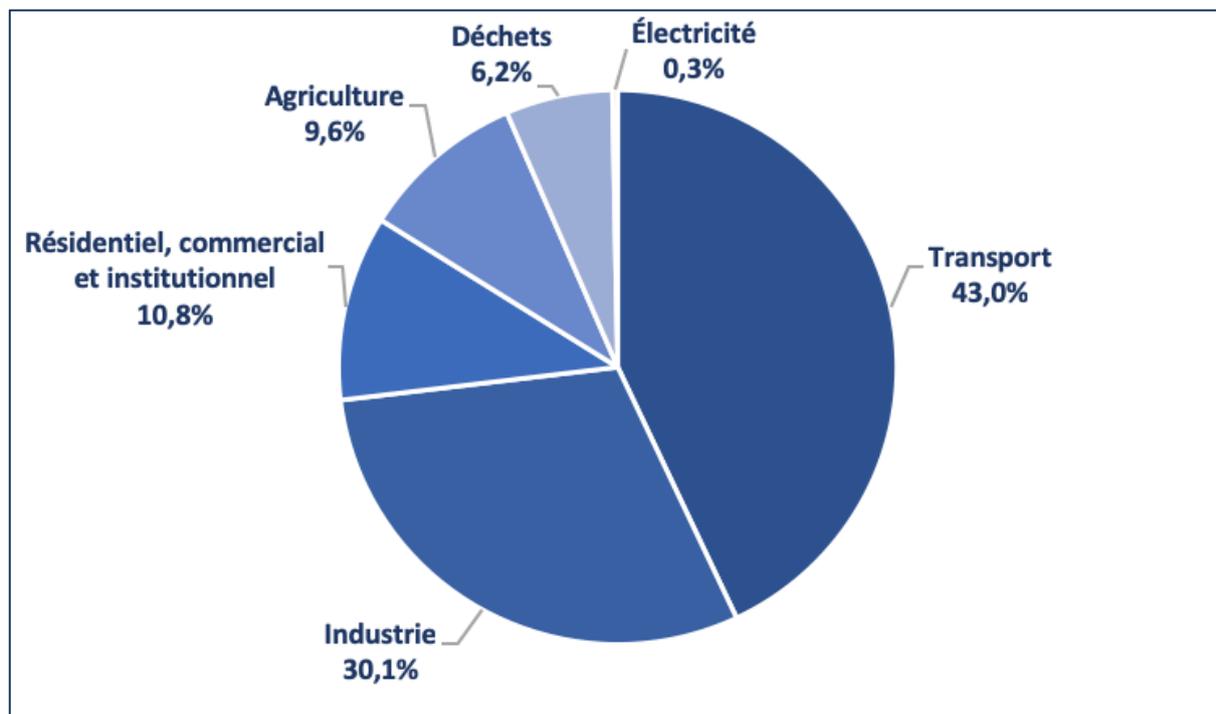


Figure 4 : Répartition des émissions de GES au Québec, en 2016, par secteurs d'activité¹⁴⁷

Des investissements pour favoriser la transition énergétique au niveau des transports seraient importants, comme il s'agit de la plus importante source d'émission de GES au Québec. Une façon d'y parvenir est de favoriser le transport en commun et le transport actif^{148,149,150,151}. Notons que, selon l'INSPQ, des mesures favorisant le transport actif ont également une influence positive sur

¹⁴⁶ Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques, *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2016 et leur évolution depuis 1990* (Québec : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2018), <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2016/inventaire1990-2016.pdf>.

¹⁴⁷ Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques, *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2016 et leur évolution depuis 1990* (Québec : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2018), <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2016/inventaire1990-2016.pdf>.

¹⁴⁸ Pascale Bergeron et Stefan Reyburn, *L'impact de l'environnement bâti sur l'activité physique, l'alimentation et le poids* (Québec : Institut National de Santé Publique, 2010), https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1108_ImpactEnvironBati.pdf.

¹⁴⁹ Éric Robitaille, *Potentiel piétonnier et utilisation des modes de transport actif pour aller au travail pour la région sociosanitaire de la Montérégie : état des lieux et perspectives d'interventions* (Québec : Institut National de Santé Publique, 2015), https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2041_potentiel_pietonnier_monteregie.pdf.

¹⁵⁰ Éric Robitaille, *Rendre l'environnement bâti favorable à la pratique du vélo en toute sécurité!* (Québec : Institut National de Santé Publique, 2017), https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2229_environnement_bati_favorable_velo_securite.pdf.

¹⁵¹ Ouranos, « Pôle d'innovation sur la climatologie régionale, » 23 mars, 2019, <https://www.ouranos.ca/>.

la santé, en contribuant à la protection contre l'hypertension artérielle, les maladies du cœur et les AVC, le diabète, les cancers du sein et du côlon et la dépression.

Prix sur le carbone

En plus de ces investissements et politiques, des moyens économiques peuvent être pris pour prendre en considération l'ensemble des coûts de santé et des coûts environnementaux associés à la production de GES, traditionnellement perçus comme des externalités de production et donc esquivés des calculs¹⁵¹. Ces impacts peuvent pourtant être chiffrés et intégrés aux coûts de production des entreprises, ou alors aux coûts de déplacement des individus¹⁵². Ainsi, la hausse des coûts d'une quantité donnée de GES entraîne une hausse du prix de vente des produits responsables d'émissions polluantes. Une hausse des prix amène une réduction de la quantité demandée, encourageant ainsi les entreprises et individus à réorienter leurs procédés de production ou d'activités vers des moyens moins coûteux, c'est-à-dire plus écologiques dans le contexte¹⁵³. Il serait fort pertinent pour le Québec de continuer à contribuer à l'instauration d'une telle mesure internationale de contrôle des émissions de GES, tel que signé en 2014 par la déclaration de la Banque mondiale¹⁵⁴.

Au Québec, le marché du carbone a été mis en place en 2013 et lie aujourd'hui les marchés du Québec, de la Californie et de l'Ontario¹⁵⁵. Il s'agit d'une solution intéressante pour mettre aux enchères des crédits compensatoires aux émissions. Il permet d'en réduire peu à peu la quantité disponible et ainsi en augmenter le prix, obligeant une redirection des procédés de production vers les moyens moins coûteux et donc plus écologiques. Le prix minimal est également majoré annuellement, plus l'inflation. Il est également pertinent de verser la totalité des revenus des ventes aux enchères de ce marché au Fond vert¹⁵⁵. Afin de rendre cette mesure de réduction des émissions de GES encore plus efficace, voici des suggestions :

- Étendre le marché du carbone à davantage d'entreprises en créant un marché parallèle pour les entreprises émettant moins de 25 000 tonnes métriques de CO₂ ou équivalent par année afin que ces entreprises voient également leurs externalités négatives internalisées sans être défavorisées par leur plus petite taille, comme il est possible d'imaginer que c'est le cas pour certaines. Depuis le 1^{er} janvier 2018, ces entreprises ainsi que des personnes physiques ou morales peuvent demander à adhérer au marché, mais n'y sont pas tenues¹⁵⁵;
- Étendre le marché du carbone à plus de secteurs que ceux présentement visés (Article 2 et annexe A du Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre (SPEDE))¹⁵⁶;
- Limiter l'obtention d'unités d'émission de GES gratuites pour les entreprises soumises à de la concurrence nationale et internationale comme l'extraction minière ou la production de vapeur de conditionnement de l'air en offrant plutôt d'autres services ou bien favorisant une transition

¹⁵² Ian Parry, Chandara Veung et Dirk Heine. *How Much Carbon Pricing is in Countries' Own Interests? The Critical Role of Co-Benefits* (S.L. :Fonds monétaire international, 2014), <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2014/wp14174.pdf>.

¹⁵³ Michael Parkin, Robin Bade et Patrick Gonzalez. *Introduction à la microéconomie moderne*. 4e édition, Saint-Laurent: ERPI, 2011.

¹⁵⁴ Ministère de l'environnement et la lutte contre les changements climatiques, « Le marché du carbone et pages associées, » 23 mars, 2019, <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/marche-carbone.asp>.

¹⁵⁵ *Ibid.*

¹⁵⁶ Gouvernement du Québec. *Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre* (Québec : Éditeur officiel du Québec, 2018), <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/ct/Q-2,%20R.%2046.1.pdf>.

écologique de ces entreprises, par exemples une expertise gouvernementale ou scientifique en matière de transition. (Annexe B du Règlement concernant le SPEDE)¹⁵⁶.

Il est également possible de mettre en place une taxe « carbone » ou une taxe plus large « sur la pollution » sur les produits dont la production, l'utilisation et la disposition une fois jetés produisent des gaz à effets de serre. Pour être efficace, cette mesure doit être d'une valeur suffisamment grande pour déclencher une augmentation significative des coûts de production qui amènera une hausse des prix à la consommation et donc une diminution de la demande, notamment puisque les gens tendent à continuer d'utiliser des produits tel que l'essence lors de légères hausses de son prix¹⁵⁷. Les opinions sur la valeur de cette taxe varient, mais selon un rapport de travail pour le Fonds monétaire international (FMI)¹⁵⁸, une taxe autour de 57 dollars américains par tonne de CO₂ pour les 20 pays les plus pollués (incluant donc la Chine) pourrait permettre une diminution de la mortalité due à la pollution de l'air. Les bénéfices en santé publique d'une telle mesure, comme l'amélioration locale et immédiate de la qualité de l'air, seraient plus grands que ses effets négatifs sur l'économie¹⁵⁹. Il s'y ajoute également d'autres avantages, comme la hausse du transport actif augmentant l'activité physique et réduisant les maladies cardiovasculaires et métaboliques tout comme certains accidents de la route et cancers¹⁶⁰. Soulignons que plus nous attendons, plus le prix à payer sera élevé¹⁶¹.

Des mesures pour réduire la pollution de l'air

Malgré qu'une grande partie de la production énergétique du Québec provienne de sources d'énergie renouvelables comme l'hydroélectricité, les deux secteurs qui sont les plus gros consommateurs d'énergie, l'industrie et le transport, dépendent aussi le plus des combustibles fossiles comme le pétrole et le gaz naturel¹⁶². Les politiques suivantes sont essentielles pour que le Québec se défasse des énergies fossiles et atténue les effets des changements climatiques sur la qualité de l'air :

- Améliorer l'efficacité et l'accès aux transports en commun¹⁶² : Il est nécessaire d'augmenter les investissements visant à développer les infrastructures de transport en commun qui permettent de réduire le nombre d'automobiles sur les routes. Ce soutien financier couvrirait en partie les coûts associés aux voies réservées et à l'acquisition de véhicules par exemple¹⁶³.
- Augmenter l'électrification des transports collectifs : Des investissements ayant pour but d'électrifier les transports en commun et d'augmenter les infrastructures de transports collectifs électriques sont nécessaires afin de réduire les GES émis par ces modes de déplacement¹⁶³.
- Promouvoir le transport actif : La mobilité active, comme la marche ou le vélo, réduit non seulement les GES émis par la circulation automobile, mais est aussi associée à une réduction

¹⁵⁷ Michael Parkin, Robin Bade et Patrick Gonzalez. *Op. cit.*

¹⁵⁸ Ian Parry, Chandara Veung et Dirk Heine. *Loc. cit.*

¹⁵⁹ Jason West et al., *Loc. cit.*

¹⁶⁰ James Woodcock et al., « Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: urban land transport, » *The Lancet* 374, n°9705 (2009) : 1930-1943, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61714-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61714-1).

¹⁶¹ Olivier Godard, *Loc. cit.*

¹⁶² Emilie Corriveau, « Comment Sortir Le Québec Des Sources D'énergie Fossiles? » *Le Devoir*, 30 septembre, 2014, <https://www.ledevoir.com/economie/actualites-economiques/419851/6e-rendez-vous-de-la-chaire-de-recherche-en-developpement-des-collectivites-comment-sortir-le-quebec-des-sources-d-energie-fossiles>.

¹⁶³ Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports. *Plan Stratégique 2017-2020* (Québec : Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports, 2017), <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/organisation/plan-strategique/Documents/plan-strategique.pdf>.

de 11% des risques de problèmes cardiovasculaires¹⁶⁴. Des mesures visant à améliorer l'adaptation des infrastructures telles que les zones cyclables et piétonnes permettraient aux différents groupes d'âge de se déplacer de façon active dans les milieux urbains, suburbain ou ruraux¹⁶⁵.

S'adapter pour atténuer les effets des changements climatiques sur la santé

En plus de se doter d'un plan complet et de règles claires pour réduire ses GES, le Québec doit investir proactivement dans d'autres mesures de santé qui auront un impact important et rapide sur la santé des Québécois. Rappelons également que, selon les estimations d'Ouranos¹⁶⁶, ce n'est pas que la métropole et la capitale qui seront touchées par le réchauffement des températures moyennes annuelles, mais plutôt l'ensemble de la province, et ce, même en régions et même en fonction du scénario plus modéré.

Le verdissement urbain : protéger la santé des québécois des changements climatiques avec les arbres

En plus de refroidir l'air, les arbres purifient l'air. En effet, les arbres captent le CO₂ et le transforment en oxygène. Un arbre en milieu urbain serait même en mesure de stocker 22 kilos de CO₂ par an, soit 5 à 10 fois plus de CO₂ que le même arbre planté en milieu rural¹⁶⁷. En plus de séquestrer le CO₂, les arbres sont également capables de capter et de décomposer d'autres polluants nocifs pour la santé du cœur et des poumons comme le monoxyde de carbone, l'ozone, les particules fines, les particules de métaux lourds et les composés volatiles, entre autres, en plus de fixer la poussière qui est dans l'air¹⁶⁸.

Également, les végétaux, en refroidissant les îlots de chaleur, diminuent la formation de smog à partir des polluants ainsi que la toxicité des polluants pour le corps qui sont tous les deux favorisés par des températures élevées. En plantant un hectare d'arbres ou d'autres végétaux en ville, soit l'équivalent d'un peu plus qu'un terrain de soccer, on pourrait éliminer 15 tonnes de smog par an¹⁶⁹.

Les arbres, les végétaux et les surfaces naturelles aident à la gestion des eaux pluviales. En effet, contrairement aux surfaces non-naturelles comme l'asphalte, les surfaces naturelles peuvent absorber une grande quantité d'eau¹⁷⁰, ce qui peut diminuer les problèmes liés à l'accumulation importante d'eau dans les villes, comme les débordements d'égouts. De plus, les feuilles des végétaux, les branches, les tiges ainsi que l'écorce permettent d'intercepter une proportion

¹⁶⁴ Mark Hamer et Yoichi Chida, « Active commuting and cardiovascular risk: a meta-analytic review, » *Preventive medicine* 46, n°1 (2008): 9-13, <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2007.03.006>.

¹⁶⁵ Pascale Bergeron et Éric Robitaille. *Mémoire Concernant La Politique Québécoise De Mobilité Durable : Des Interventions Pour Favoriser Le Transport Actif Et La Pratique D'activité Physique* (Québec : Institut Nationale de Santé Publique, 2013), <https://www.inspq.qc.ca/publications/1670>.

¹⁶⁶ Ouranos, « Pôle d'innovation sur la climatologie régionale, » 23 mars, 2019, <https://www.ouranos.ca/>.

¹⁶⁷ François Reeves, *Op. cit.*

¹⁶⁸ Héroïse Bélanger Michaud, « Comparaison coûts-bénéfices de la reforestation urbaine comme stratégie d'atténuation des îlots de chaleur, » Mémoire de M.Env. Université de Sherbrooke, 2013, https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2013/Belanger-Michaud_H_2013-02-20_.pdf

¹⁶⁹ François Reeves, *Op. cit.*

¹⁷⁰ Barbara Casati, Abderrahmane Yagouti et Diane Chaumont, « Regional Climate Projections of Extreme Heat Events in Nine Pilot Canadian Communities for Public Health Planning, » *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 52, n° 12 (2013): 2669-2698, <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-12-0341.1>.

importante des précipitations. Il est estimé qu'une forêt capte en moyenne entre 15 et 40% de la pluie¹⁷¹. L'incidence d'infection ou d'intoxication à l'eau contaminée, tout comme les difficultés psychologiques qui peuvent être liées aux inondations seront diminuées par la végétalisation des villes.

Mise à part leur capacité à réduire l'impact des changements climatiques sur la santé, les espaces verts, comme les parcs, ont de nombreuses autres vertus pour la santé¹⁷². Entre autres, ils constituent des lieux propices et motivants pour la pratique de l'activité physique, autant pour les enfants que les adultes et les aînés. Les espaces verts ont également de nombreux bénéfices sur la santé mentale, parce qu'il s'agit d'endroits relaxants et agréables, et sur la santé sociale, puisque qu'ils favorisent les interactions.

Une politique de reverdissement urbain doit être mise en œuvre aussitôt que possible, puisqu'elle aura des bénéfices sur la santé qui se traduisent en une diminution importante des coûts en santé, sans avoir à investir directement dans le système de santé.

Dès maintenant, le Québec devrait investir chaque année dans cette mesure. À cet effet, l'INSPQ suggère que 1% des dépenses du gouvernement québécois en construction et en rénovation d'infrastructures publiques soit investi dans le verdissement urbain, ce qui reviendrait à 170 millions de dollars par année¹⁷³. L'INSPQ souligne que, chaque année, des millions d'arbres sont produits par le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec pour le reboisement des forêts publiques et suggère qu'une partie de ces arbres soit réservée au verdissement urbain.

À titre comparatif, une politique datant de 1961 stipule que, pour toute construction d'un bâtiment et tout aménagement de site public, le gouvernement doit investir 1% du budget dans l'intégration d'œuvre d'art¹⁷⁴. Il serait donc tout à fait envisageable et sensé de créer une politique similaire pour le verdissement urbain. Le Fond vert, entre autres, pourrait servir à financer cette politique.

Le verdissement est une mesure simple dont les bénéfices monétaires, entre autres les coûts sauvés en soins de santé, vont ultimement dépasser les coûts liés à l'investissement initial et l'entretien¹⁷⁵. Certaines études réalisées en sol québécois supportent la rentabilité de l'investissement dans le verdissement urbain. Une étude a montré que la forêt urbaine de Rosemont La-Petite-Patrie avait généré des bénéfices nets de 2,5 millions à l'année 2011, ce qui représente 5,6 fois les coûts associés à l'installation de cette forêt. Cette même étude projette que, pour la plantation de 26 500 nouveaux arbres dans le quartier, le retour sur investissement se ferait après aussi peu que 26 ans¹⁷⁵. Pour chaque dollar investi dans un arbre dans la ville de New-York, une étude a évalué que l'on épargnait

¹⁷¹ Bureau de normalisation du Québec. *Lutte aux îlot de chaleur urbains - Aménagement des aires de stationnement - Guide à l'intention des concepteurs* (Québec : Bureau de normalisation du Québec, 2013), <https://www.bnq.qc.ca/fr/normalisation/environnement/lutte-aux-ilots-de-chaleur-urbains.html>.

¹⁷² Mélanie Beaudoin et Marie-Ève Levasseur. *Verdir les villes pour la santé de la population : revue de la littérature* (Québec: Institut national de santé publique du Québec, 2017), https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2265_verdir_villes_sante_population.pdf.

¹⁷³ *Ibid*

¹⁷⁴ Culture et Communications Québec. *Politique d'intégration des arts à l'architecture et à l'environnement des bâtiments et des sites gouvernementaux et publics* (Québec: Culture et Communications Québec, 2017), <https://www.mcc.gouv.qc.ca/index.php?id=59>.

¹⁷⁵ Héloïse Bélanger Michaud, *Op. cit.*

5,60\$¹⁷⁶ un rendement similaire à celui obtenu par l'étude effectuée à Rosemont Petite-Patrie dans laquelle chaque dollar permettait des retombées de 5,80\$¹⁷⁵.

Des mesures pour mieux comprendre la situation actuelle et son évolution : le savoir permet de vaincre

L'inventaire annuel des émissions de gaz à effet de serre produites par l'activité humaine au Québec que tient à jour le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques est une bonne manière de comprendre et d'analyser l'émission de GES au Québec. Celui-ci permet de comprendre la répartition des émissions par secteurs d'activité ainsi qu'au sein de ces secteurs.

L'inventaire le plus récent disponible sur le site internet du ministère, l'inventaire de 2016, prend principalement en compte les émissions de GES¹⁷⁷. Il serait intéressant et utile d'analyser les données sous différents angles, tels que ceux-ci :

- Analyser les raisons du transport, le secteur produisant le plus de GES au Québec, pour comprendre quelle part provient du transport des matières et produits pour l'industrie, des voyages d'affaire, de la population se rendant au travail, de la population réalisant des courses, des loisirs, des voyages scolaires, des institutions (par exemple, livraison de nourriture ou de buanderie aux hôpitaux), du transport de déchets et de matière compostable ou recyclable, des municipalités et plus.
- Détailler l'origine des déchets dans la section « Déchets » pour comprendre la répartition entre, par exemple, le secteur résidentiel, les institutions, les hôpitaux et services de santé, l'industrie, les écoles, les commerces et plus.

Nous encourageons la publicisation et la vulgarisation de ce pertinent rapport. Des fiches spécifiques à l'intention des différents acteurs pourraient être réalisées ou plus facilement accessibles sur le site du Ministère, comme des fiches explicatives résumées à l'intention des écoles, des commerçants, des institutions, des citoyens et plus. De plus, nous encourageons la poursuite et l'amélioration continue des études de suivi du climat au Québec et des processus visant à informer la population québécoise sur la situation climatique, comme par le site « Mon climat, ma santé¹⁷⁸ », des fiches à l'intention des parents, professeurs ou professionnels de la santé plus facilement accessibles ou d'autres initiatives au sein du parcours scolaire à tous les âges.

Encourager et développer les processus de recherche scientifique sur les changements climatiques au Québec et le suivi de l'efficacité des solutions et processus d'adaptation ici sont importants pour bien comprendre la situation et son évolution en fonction du contexte québécois, qui peut différer de celui choisi pour d'autres études. Par exemple, la répartition de la population au sein des villes ou encore les modalités de transport actif déjà en place peuvent varier. Pour vérifier l'application de données scientifiques sur les changements climatiques et sur les solutions pour ralentir ceux-ci et s'adapter à leurs conséquences, il faut étudier la situation au Québec. Soulignons qu'il existe déjà

¹⁷⁶ Barbara Heidenreich. *A Synopsis on Protecting and Commemorating Heritage Trees* (Toronto: Forests Ontario, 2016), <https://www.forestsontario.ca/wp-content/uploads/2016/01/HeidenreichB.2016.Heritage-Tree-PROTECTIONCOMMEMORATION-Options.pdf>.

¹⁷⁷ Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques. *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2016 et leur évolution depuis 1990* (Québec : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2018), <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2016/inventaire1990-2016.pdf>.

¹⁷⁸ Institut national de santé publique du Québec, « Mon climat, ma santé – pour mieux s'adapter aux changements climatiques, » 23 mars, 2019, <http://www.monclimatmasante.qc.ca/accueil.aspx>.

des projets intéressants, tel que l'organisme de recherche Ouranos pour ne nommer que cet exemple, qu'il convient d'encourager et de développer¹⁷⁹.

Mise en place de systèmes de surveillance et d'adaptation

Comme le suggèrent plusieurs experts incluant les auteurs du *Plan d'action sur les changements climatiques 2013-2020* (PACC 2013-2020)^{180,181}, les initiatives pour résoudre la question des changements climatiques doivent s'accompagner de mesures d'adaptation des populations et des écosystèmes au vue de la vitesse à laquelle le climat évolue¹⁸². D'ailleurs, les priorités du PACC 2013-2020 mettent l'accent sur la mise en place des réseaux de surveillance climatologique (priorité #5) et sur le soutien de la recherche en adaptation (priorité #6). Investir dans la surveillance en temps réel de la situation environnementale permettrait de prédire tous les besoins et éventualités pour ensuite s'y préparer adéquatement et, surtout, rapidement^{183,184}. Ce dernier point est urgent, car si le Québec est en avance concernant la documentation des conséquences environnementales, des efforts restent à faire pour développer et mettre en place des solutions d'adaptation qui préserveraient la santé des citoyens¹⁸⁵. De plus, les dépenses budgétaires liées aux catastrophes naturelles se font de plus en plus faramineuses, d'où l'importance d'investir dans la planification. À l'échelle mondiale, les pertes économiques liées aux événements météorologiques extrêmes s'élèvent à 326 milliards de dollars¹⁸⁶. À l'échelle canadienne, les dépenses annuelles faites par les accords d'aide financière en cas de catastrophe (AAFCC) sont passées d'environ 100 millions à la fin des années 1990 à 2 milliards en 2013-2014¹⁸⁷.

Selon l'OMS, la chaleur liée aux changements climatiques est un des principaux risques sanitaires et le Québec n'y échappe pas. Le rapport d'étude Ouranos prédit une accumulation de 370 millions de dollar de coûts gouvernementaux, près de 33 milliards de dollars de coûts pour la société et environ 20 000 décès à cause de la chaleur entre 2015 et 2065¹⁸⁸. Ainsi, bien que les zones à haut risque aient été cartographiées et caractérisées, les vagues de chaleur notoires de l'été 2018 ont représenté un réel affront à la santé publique en causant plus de 90 morts à travers la province¹⁸⁹. Le besoin de mettre en place des plans d'action devient d'autant plus crucial que les prédictions évaluent que le nombre de régions administratives touchées par les vagues de chaleurs passera de 4-5 à 10¹⁸⁸, ce qui implique plus de personnes touchées par les canicules. D'ailleurs, la première

¹⁷⁹ Ouranos, « Pôle d'innovation sur la climatologie régionale, » 23 mars, 2019, <https://www.ouranos.ca/>.

¹⁸⁰ Ouranos. *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, 2015, <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf>.

¹⁸¹ Gouvernement du Québec. *Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020* (Québec : Gouvernement du Québec, 2012), http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/strategie-adaptation2013-2020.pdf.

¹⁸² Ouranos. *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, 2015, <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf>.

¹⁸³ Nick Watts et al. « Health and climate change: policy responses to protect public health, » *The Lancet Commissions* 386, n°10006: 1861-1914, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60854-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60854-6).

¹⁸⁴ Bénédicte Leclerc-Jacques. *Le développement d'une communauté de pratique en adaptation santé aux changements climatiques : un projet pertinent?* (Québec : Institut National de Santé Publique du Québec, 2014), <https://www.inspq.qc.ca/bise/article-secondaire-le-developpement-d-une-communaute-de-pratique-en-adaptation-sante-aux-changements-climatiques-un-projet-pertinent>.

¹⁸⁵ Ouranos. *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, 2015, <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf>.

¹⁸⁶ Nick Watts et al., « The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come, » *The Lancet* 392, n°10163 (2018): 2479-2514, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32594-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32594-7).

¹⁸⁷ Glen Hodgson, « The costs of climate change are rising, » 15 mai, 2018, <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-the-costs-of-climate-change-are-rising/>.

¹⁸⁸ Caroline Larrivée et al., *Op. cit.*

¹⁸⁹ Allan Woods, « More than 90 deaths now linked to heat wave in Quebec, » 18 juillet, 2018, <https://www.thestar.com/news/canada/2018/07/18/89-deaths-now-linked-to-heat-wave-in-quebec.html>.

recommandation adressée aux politiciens canadiens dans le rapport *Lancet Countdown 2018 Report : Briefing for Canadian Policymakers* co-signé par l'équipe du Lancet Countdown, l'Association Médicale Canadienne (AMC) et l'Association Canadienne de Santé Publique (ACSP) encourage une coordination inter- et intra-gouvernementale pour standardiser la surveillance les problèmes de santé reliés à la chaleur. Elle statue sur la nécessité de prédire les conséquences de la chaleur sur la santé et de s'y préparer avec des mesures cliniques et de santé publique pour limiter l'impact de la chaleur sur la santé. L'éducation de la population sur les dangers de la chaleur y est également incluse¹⁹⁰.

Une autre menace à laquelle le Québec est amenée à faire face concerne les inondations et l'érosion des berges¹⁹¹. S'il est connu que les changements climatiques affectent le système hydrique québécois, il est difficile de prédire les conséquences et encore moins d'y associer des coûts prévisionnels par manque de données et de recherche^{192,193}. Il est important de se pencher sur la question dans la mesure où le Québec détient 3% des réserves mondiales d'eau douce et que les changements climatiques risquent de négativement affecter la qualité de l'eau¹⁹³. À cela s'ajoutent tous les risques pour la santé provoqués par les inondations : infection, exposition à des agents toxiques, détresse psychologique, etc.

¹⁹⁰ Lancet Countdown and Canadian Public Health Association. *Lancet Countdown 2017 Report: Briefing for Canadian Policymakers*. 2017, https://www.cpha.ca/sites/default/files/uploads/advocacy/2017_lancet_canada_brief.pdf.

¹⁹¹ Caroline Larrivée et al. *Op. cit.*

¹⁹² *Ibid.*

¹⁹³ Ouranos. *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, 2015, <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf>.

CONCLUSION

Les changements climatiques sont au cœur de l'actualité depuis plusieurs années, affectant notre quotidien de manière indéniable. On aborde rarement les impacts de ceux-ci sur la santé et pourtant, ces impacts sont bien réels et significatifs, étant en cause dans plusieurs maladies ou bien en exacerbant certaines maladies déjà présentes. Les coûts imposés au système de santé par les changements climatiques sont non négligeables et ne vont qu'augmenter, vu les projections en lien avec les changements climatiques dans les prochaines années.

Plusieurs mesures peuvent être mises en place pour tenter de diminuer la pollution et ce qu'elle induit sur l'environnement, tout particulièrement sur la santé :

- Combattre les gaz à effet de serre, que ce soit en améliorant notre marché du carbone, en instaurant une taxe sur le carbone ou en favorisant un transport plus vert via le transport en commun ou l'électrification des transports ;
- Verdir davantage nos municipalités, entre autres en investissant 1% des dépenses d'immobilisation du gouvernement provincial en verdissement de ses installations ;
- Étudier davantage les effets des changements climatiques et informer la population québécoise de ses effets sur leur santé ;
- Mettre en place davantage de mécanismes de surveillance et d'adaptation des changements climatiques, tout particulièrement dans le domaine de la santé publique ;
- Augmenter le financement en santé publique, qui a vraiment besoin de voir ses coffres renfloués depuis les coupes imposées en 2015 ;
- Considérer la lutte aux changements climatiques dans les mesures de santé publique.

L'application de ces mesures pourrait permettre d'améliorer la santé des québécois, tout en contenant la hausse des coûts du système de santé. Plusieurs s'inquiètent à l'idée qu'il soit trop tard pour sauver l'humanité des effets dévastateurs des changements climatiques. Nous nous voulons optimistes et espérons de tout cœur que le Québec adoptera ces mesures pour permettre à nos enfants et petits-enfants de vivre dans un monde sain, en étant pleinement en santé et non pas intoxiqués par leur environnement.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence de la santé publique du Canada. Chutes chez les aînés au Canada- Deuxième rapport. Ottawa: Agence de santé publique du Canada, 2014. https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/migration/phac-aspc/seniors-aines/publications/public/injury-blessure/seniors_falls-chutes_aines/assets/pdf/seniors_falls-chutes_aines-fra.pdf.
- Agriculture Canada. « Impact of Climate Change on Canadian Agriculture. » 30 juillet, 2015. <http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/agricultural-practices/climate-change-and-agriculture/future-outlook/impact-of-climate-change-on-canadian-agriculture/?id=1329321987305>.
- Alderman, Katarzyna, Lyle R Turner, et Shilu Tong. « Floods and Human Health: A Systematic Review. » *Environment international* 47 (2012): 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.06.003>
- Andrade, L et al. « Surface Water Flooding, Groundwater Contamination, and Enteric Disease in Developed Countries: A Scoping Review of Connections and Consequences. » *Environmental Pollution* 236 (2018): 540-49. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.104>.
- Arbour, Jean-Maurice, Sophie Lavallée et Hélène Trudeau. *Droit international de l'environnement 2^e édition*. Cowansville : Éditions Yvon Blais 2012.
- Beaudoin, Mélanie et Marie-Ève Levasseur. *Verdir les villes pour la santé de la population : revue de la littérature*. Québec: Institut national de santé publique du Québec, 2017. https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2265_verdir_villes_sante_population.pdf.
- Banque Mondiale. *The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action*. Washington DC: Banque Mondiale, 2016. <http://documents.worldbank.org/curated/en/781521473177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWebCORRECTEDfile.pdf>.
- Berrang-Ford, Lea et D. Noble. « Climate change and health in Canadian municipalities. » *Environmental Health Review* 50, n°4 (2007):109–115.
- Bélangier, Diane et al. « 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, n°11 (2014): 11028-53. <https://doi.org/10.3390/ijerph111111028>.
- Bélangier Michaud, Héloïse. « Comparaison coûts-bénéfices de la reforestation urbaine comme stratégie d'atténuation des îlots de chaleur. » Mémoire de M.Env. Université de Sherbrooke, 2013. https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2013/Belanger-Michaud_H_2013-02-20_.pdf
- Bell, Jesse E. et al. « Changes in extreme events and the potential impacts on human health. » *Journal of the Air & Waste Management Association* 68, n°4 (2018): 265-287. <https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1401017>.
- Bergeron, Pascale et Stefan Reyburn. *L'impact de l'environnement bâti sur l'activité physique, l'alimentation et le poids*. Québec : Institut National de Santé Publique, 2010. https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1108_ImpactEnvironBati.pdf.
- Bergeron, Pascale et Éric Robitaille. *Mémoire Concernant La Politique Québécoise De Mobilité Durable : Des Interventions Pour Favoriser Le Transport Actif Et La Pratique D'activité Physique*. Québec : Institut Nationale de Santé Publique, 2013. <https://www.inspq.qc.ca/publications/1670>.
- Berry, Helen Louise, Kathryn Bowen et Tord Kjellstrom. « Climate change and mental health: a causal pathways framework. » *International Journal of Public Health* 55, n°2: 123-132. <https://doi.org/10.1007/s00038-009-0112-0>.
- Bourassa, Marie-Michèle et Philippe Auzel. « Les changements climatiques au Nunavik: de l'évaluation des impacts à une gestion intégrée des transitions pour la conservation des écosystèmes. » *Téoros. Revue de recherche en tourisme* 31, n°1 (2012): 72-81. <https://doi.org/10.7202/1020711ar>.

- Bureau de normalisation du Québec. *Lutte aux îlots de chaleur urbains - Aménagement des aires de stationnement - Guide à l'intention des concepteurs*. Québec : Bureau de normalisation du Québec, 2013. <https://www.bnq.qc.ca/fr/normalisation/environnement/lutte-aux-ilots-de-chaleur-urbains.html>.
- Cal Fire. « Fire Statistics. » 24 janvier, 2018. http://cdfdata.fire.ca.gov/incidents/incidents_stats?year=2018.
- Casati, Barbara, Abderrahmane Yagouti et Diane Chaumont. « Regional Climate Projections of Extreme Heat Events in Nine Pilot Canadian Communities for Public Health Planning. » *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 52, n° 12 (2013): 2669-2698. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-12-0341.1>.
- Cavayas, François et Yves Baudouin. *Études des biotopes urbains et périurbains de la CMM Volets 1 et 2 : Évolution des occupations du sol, du couvert végétal et des îlots de chaleur sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal (1984-2005)*. Laval: Conseil régional de l'environnement de Laval, 2008. http://cmm.qc.ca/biotopes/docs/volets_1_et_2.pdf
- CBC Radio. « We ain't seen anything yet?: Even the Arctic is burning as wildfires rage around the world. » 27 juillet, 2018. <https://www.cbc.ca/radio/day6/episode-400-toronto-gun-violence-arctic-wildfires-house-of-frightenstein-johnny-clegg-and-more-1.4761861/we-ain-t-seen-anything-yet-even-the-arctic-is-burning-as-wildfires-rage-around-the-world-1.4761878>.
- Corriveau, Emilie. « Comment Sortir Le Québec Des Sources D'énergie Fossiles? » *Le Devoir*. 30 septembre, 2014. <https://www.ledevoir.com/economie/actualites-economiques/419851/6e-rendez-vous-de-la-chaire-de-recherche-en-developpement-des-collectivites-comment-sortir-le-quebec-des-sources-d-energie-fossiles>.
- Côté, Hélène, Travis Logan et Isabelle Charon. *Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec, Synthèse 2015*. Ouranos. 2015. <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SynthesePartie1.pdf>.
- Crawford, Tiffany. « B.C. Wildfire Service urges caution heading into long weekend. » 28 juin, 2018. <https://vancouver.sun.com/news/local-news/bc-wildfire-service-urges-caution-heading-into-long-weekend>.
- Crowshoe, Lynden et al. « Type 2 Diabetes and Indigenous Peoples. » *Canadian Journal of Diabetes* 42, suppl 1: S296-306. <https://guidelines.diabetes.ca/docs/cpg/Ch38-Type-2-Diabetes-and-Indigenous-Peoples.pdf>.
- Culture et Communications Québec. *Politique d'intégration des arts à l'architecture et à l'environnement des bâtiments et des sites gouvernementaux et publics*. Québec: Culture et Communications Québec, 2017. <https://www.mcc.gouv.qc.ca/index.php?id=59>.
- Cunsolo, Ashlee et Neville R. Nellis. « Ecological grief as a mental health response to climate change-related loss. » *Nature Climate Change* 8 (2018): 275-281. <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0092-2#additional-information>.
- Denis, Geoffroy. « Smog et chaleur, mauvais duo. » *Le médecin du Québec* 45 n°12 (2010): 29-33.
- Dennison, Philip E et al. « Large wildfire trends in the Western United States, 1984-2011. » *Geophysical Research Letters* 41, n°8: 2928-2933. <https://doi.org/10.1002/2014GL059576>.
- Ding, Ning, Helen L. Berry et Charmian M. Bennett. « The importance of humidity in the relationship between heat and population mental health: Evidence from Australia. » *PLoS One* 11, n°10 (2016) : 15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164190>.
- Dodd, Warren et al. « Lived experience of a record wildfire season in the Northwest Territories, Canada. » *Canadian Journal of Public Health* 109, n°3 (2018): 327-337. <https://doi.org/10.17269/s41997-018-0070-5>.
- Dowd, Katie. « California wildfire smoke has now made it all the way to New York City. » 20 novembre, 2018. <https://www.sfgate.com/california-wildfires/article/camp-fire-smoke-noaa-maps-nyc-texas-paradise-13408526.php>.
- Du, Weiwei et al. « Health Impacts of Floods. » *Prehospital and Disaster Medicine* 25, n°3 (2010): 265-72. https://www.researchgate.net/publication/44807703_Health_Impacts_of_Floods.
- Eccles, Kristin M et al. « Lessons Learned from the 2013 Calgary Flood: Assessing Risk of Drinking Water Well Contamination. » *Applied Geography* 80 (2017): 78-85. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.02.005>

- Environnement et Lutte contre les changements climatiques Québec. « Les gaz à effet de serre. » 23 février, 2019. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/questce-ges.htm>.
- Environnement et Lutte contre les changements climatiques Québec. « Précipitations en hausse depuis 1960 – l'équivalent d'un treizième mois ajouté au total annuel. » 22 mars, 2019. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/surveillance/1960-2015.htm>.
- Équiterre. « Climat : Des risques majeurs sur la santé des individus. » 22 mars, 2019. <https://equiterre.org/fiche/climat-des-risques-majeurs-sur-la-sante-des-individus>.
- Féret, Anaïs. « La qualité de l'eau des puits individuels au Québec: comment améliorer les pratiques d'analyses? » Mémoire de M.Env. Université de Sherbrooke, 2016. https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/8193/Feret_Anaïs_MEnv_2016.pdf.
- Gauderman, W James et al. « The Effect of Air Pollution on Lung Development from 10 to 18 Years of Age. » *New England Journal of Medicine* 351, n°11 (2004): 1057-1067. www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa040610.
- GBD 2015 DALYs and HALE Collaborators. « Global, regional, and national depths, prevalence, disability-adjusted life years, and years lived with disability for chronic obstructive pulmonary disease and asthma, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. » *The Lancet* 388, n°10053 : 1603-1658. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31460-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31460-X).
- Giguère, Mélissa. *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains*. Québec: Institut national de santé publique du Québec, 2009. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/îlots-de-chaleur-fraicheur-urbains-et-temperature-de-surface/resource/82a3e8be-45d2-407e-8803-fcc994830fcc>
- Godard, Olivier. « Le Rapport Stern sur l'économie du changement climatique était-il une manipulation grossière de la méthodologie économique ? » *Revue d'Économie politique* 117, n°4 (2007) : 475-506. <https://www.cairn.info/revue-d-economie-politique-2007-4-page-475.htm>.
- Goenjian, Armen K et al. « Posttraumatic stress and depressive reactions among Nicaraguan adolescents after hurricane Mitch. » *American Journal of Psychiatry* 158, n°5 (2001): 788–94. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.158.5.788>.
- Goldberg, Mark S. et al. « Associations between ambient air pollution and daily mortality among persons with diabetes and cardiovascular disease. » *Environmental Research*, 100, n°2 (2006) : 255-267. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2005.04.007>.
- Goldberg, Mark. S. et al. « Associations between daily cause-specific mortality and concentrations of ground-level ozone in Montreal, Quebec. » *American Journal of Epidemiology* 154, n°9 (2001): 817-826. <https://doi.org/10.1093/aje/154.9.817>.
- Goldberg, Mark S. et al. « The association between daily mortality and ambient air particle pollution in Montreal, Quebec: 2. Cause-specific mortality. » *Environmental Research* 86, n°1 (2001) : 26-36. <https://doi.org/10.1006/enrs.2001.4243>.
- Gordon, Christopher J. « Role of Environmental Stress in the Physiological Response to Chemical Toxicants. » *Environmental research* 92, n° 1 (2003): 1-7. [https://doi.org/10.1016/S0013-9351\(02\)00008-7](https://doi.org/10.1016/S0013-9351(02)00008-7).
- Gouvernement du Canada. « Global greenhouse gas emissions. » 10 mai, 2018. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/global-greenhouse-gas-emissions.html>.
- Gouvernement du Canada. « Les maladies du cœur au Canada : Faits saillants du Système canadien de surveillance des maladies chroniques. » 2017. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/maladies-et-affections/maladies-coeur-canada-fiche-technique.html>.
- Gouvernement du Québec. *Portrait économique des régions du Québec – Édition 2018*. Québec : Gouvernement du Québec, 2018. https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/documents_soutien/regions/portraits_regionaux/portrait_socio_econo.pdf

- Gouvernement du Québec. *Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre*. Québec : Éditeur officiel du Québec, 2018. <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/cr/Q-2,%20R.%2046.1.pdf>.
- Gouvernement du Québec. *Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020*. Québec : Gouvernement du Québec, 2012. http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/stategie-adaptation2013-2020.pdf.
- Greenough, Gregg et al. « The potential impacts of climate variability and change on health impacts of extreme weather events in the United States. » *Environmental Health Perspectives* 109, suppl 2 (2001): 191-198. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240666/pdf/ehp109s-000191.pdf>.
- Groupe d'experts sur les maladies transmises par les tiques. *Rapport de surveillance de la maladie de Lyme: année 2017*. Québec: Institut National de Santé Publique du Québec, 2018. https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2472_surveillance_maladie_lyme_2017.pdf.
- Hamer, Mark et Yoichi Chida. « Active commuting and cardiovascular risk: a meta-analytic review. » *Preventive medicine* 46, n°1 (2008): 9-13. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2007.03.006>.
- Hanna, Rema et Paulina Oliva. « The effect of pollution on labor supply: Evidence from a natural experiment in Mexico City. » *Journal of Public Economics* 122 (2015): 68-79. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2014.10.004>.
- Harrigan, Ryan J et al. « A continental risk assessment of West Nile virus under climate change. » *Global Change Biology* 20, n°8 (2014): 2417-2425. <https://doi.org/10.1111/gcb.12534>.
- Heidenreich, Barbara. *A Synopsis on Protecting and Commemorating Heritage Trees*. Toronto: Forests Ontario, 2016. <https://www.forestsontario.ca/wp-content/uploads/2016/01/HeidenreichB.2016.Heritage-Tree-PROTECTIONCOMMEMORATION-Options.pdf>.
- Hodgson, Glen. « The costs of climate change are rising. » 15 mai, 2018. <https://www.theglobeandmail.com/business/commentary/article-the-costs-of-climate-change-are-rising/>.
- Hooper, Michael J et al. « Interactions between Chemical and Climate Stressors: A Role for Mechanistic Toxicology in Assessing Climate Change Risks. » *Environmental Toxicology and Chemistry* 32, n°1 (2013): 32-48. <https://doi.org/10.1002/etc.2043>.
- Huston, Patricia. « Maladies à transmission vectorielle, villes et changement climatique. » *Le Médecin de famille canadien* 62, n°10 (2016): 819. <http://www.cfp.ca/content/cfp/62/10/819.full.pdf>.
- Institut de la statistique du Québec. *Panorama des régions du Québec -Édition 2016*. Québec : Institut de la statistique du Québec, 2016. <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/panorama-regions-2016.pdf>.
- Institut national de santé publique. « Changements climatiques: et si l'on se souciait des petits? » 23 mars, 2019. <http://www.monclimatmasante.qc.ca/changements-climatiques--et-si-l-on-se-souciait-des-petits.aspx>.
- Institut National de Santé Publique. « Froid intense. » 2010. <http://www.monclimatmasante.qc.ca/froid-intense.aspx>.
- Institut national de santé publique du Québec. « Indicateurs synthèses.» 2018. <https://www.inspq.qc.ca/santescope/indicateurs-syntheses>.
- Institut National de Santé Publique du Québec. « Inondations. » 2010. <http://www.monclimatmasante.qc.ca/inondations.aspx>.
- Institut National De Santé Publique Québec. « La situation au Québec. » 3 mars, 2019. <http://www.monclimatmasante.qc.ca/public/situation-au-qu%C3%A9bec.aspx>.
- Institut National de Santé Publique du Québec. « Maladies vectorielles et zoonoses. » 17 janvier 2019. <http://www.monclimatmasante.qc.ca/maladies-vectorielles-et-zoonoses.aspx>.
- Institut national de santé publique du Québec. « Mon climat, ma santé – pour mieux s'adapter aux changements climatiques. » 23 mars, 2019. <http://www.monclimatmasante.qc.ca/accueil.aspx>.
- International Institute for Sustainable Development. « Costs of Pollution in Canada: Measuring the impacts on families, businesses and governments. » 23 mars, 2019. <https://www.iisd.org/library/cost-pollution-canada>.

- Introcaso, David. « Climate Change is the Greatest Threat to Human Health in History. » 19 décembre, 2018. <https://www.healthaffairs.org/doi/10.1377/hblog20181218.278288/full/?fbclid=IwAR1zPJ0BIOF-zhM4mRE-29hjPz2nY0A7gYR1GIMIUqyZJy1HHmQyLT0doEk>.
- Isen, Adam, Maya Rossin-Slater et Reed Walker. « Relationship between season of birth, temperature exposure, and later life wellbeing. » *PNAS* 114, n°51 (2017): 13447-13452. <https://doi.org/10.1073/pnas.1702436114>.
- Jerrett, Michael et al. « Environmental influences on healthcare expenditures: an exploratory analysis from Ontario, Canada. » *Journal of Epidemiology & Community Health* 57, n°5 (2003): 334-338. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1732448/pdf/v057p00334.pdf>.
- Kenney, W Larry, Daniel H Craighead et Lacy M Alexander. « Heat Waves, Aging, and Human Cardiovascular Health. » *Medicine and science in sports and exercise* 46, n° 10 (2014): 1891-1899. <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=24598696>.
- Kirmayer, Laurence J., Gregory M. Brass et Caroline L. Tait. « The mental health of Aboriginal peoples: Transformations of identity and community. » *The Canadian Journal of Psychiatry* 45, n°7 (2000): 607-616. <https://doi.org/10.1177/02F070674370004500702>.
- Lacaze, Julie. « Les conséquences du dégel sur le sol de l'Arctique. » 23 février, 2019. <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/les-consequences-du-degel-sur-le-sol-de-larctique>.
- Laden, Francine et al. « Reduction in fine particulate air pollution and mortality: extended follow-up of the Harvard six cities study. » *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 173, n°6 (2006) : 667-672. <https://doi.org/10.1164/rccm.200503-443OC>.
- Lancet Countdown and Canadian Public Health Association. *Lancet Countdown 2017 Report: Briefing for Canadian Policymakers*. 2017. https://www.cpha.ca/sites/default/files/uploads/advocacy/2017_lancet_canada_brief.pdf.
- Landrigan, Philip J et al. « The Lancet Commission on pollution and health. » *The Lancet* 391, n°10119: 462-512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0).
- Larivée, Caroline et al. *Évaluation des impacts des changements climatiques et de leurs coûts pour le Québec et l'État québécois*. Ouranos (2015). <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/evaluation-impacts-cc-couts-qc-etat.pdf>.
- Leclerc-Jacques, Bénédicte. *Le développement d'une communauté de pratique en adaptation santé aux changements climatiques : un projet pertinent?* Québec : Institut National de Santé Publique du Québec, 2014. <https://www.inspq.qc.ca/bise/article-secondaire-le-developpement-d-une-communaute-de-pratique-en-adaptation-sante-aux-changements-climatiques-un-projet-pertinent>.
- Liu, Norrice et al. « Late Breaking Abstract - Do inhaled carbonaceous particles translocate from the lung to the placenta? » *European Respiratory Journal* 52, suppl 62 (2018): 360. https://erj.ersjournals.com/content/52/suppl_62/PA360.
- Markandya, Anil et al. « Health co-benefits from air pollution and mitigation costs of the Paris Agreement: a modelling study. » *The Lancet Planetary Health* 2, n°3 (2018): E126-E133. [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(18\)30029-9/fulltext#](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(18)30029-9/fulltext#)
- McMichael, A. J. et al. *Climate change and human health - risk and responses*. Genève: Organisation Mondiale de la Santé, 2003. <https://www.who.int/globalchange/publications/climchange.pdf?ua=1>
- Meybeck, Alexandre et al.. *Sécurité alimentaire et nutrition à l'heure des changements climatiques. Actes du Colloque international organisé par le gouvernement du Québec en collaboration avec la FAO*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2017. <http://www.fao.org/3/CA1334FR/ca1334fr.pdf>.
- Messier, V. et al. « Seroprevalence of seven zoonotic infections in Nunavik, Quebec (Canada). » *Zoonoses and Public Health* 59, n°2 (2012): 107-117. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2011.01424.x>.
- Ministère de la santé et services sociaux. « Statistiques de santé et de bien être selon le sexe – Tout le Québec. » 2018. <http://www.msss.gouv.qc.ca/professionnels/statistiques-donnees-sante-bien-etre/statistiques-de-sante-et-de-bien-etre-selon-le-sexe-volet-national/etat-et-problemes-de-sante/>.

- Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques. *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2016 et leur évolution depuis 1990*. Québec : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2018. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2016/inventaire1990-2016.pdf>.
- Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques. « Le marché du carbone et pages associées. » 23 mars, 2019. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/marche-carbone.asp>.
- Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports. *Plan Stratégique 2017-2020*. Québec : Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports, 2017. <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/organisation/plan-strategique/Documents/plan-strategique.pdf>.
- Murray, Sheila. « Environmental Migrants and Canada's Refugee Policy. » *Refuge* 27, no 1 (2010): 89. <https://refuge.journals.yorku.ca/index.php/refuge/article/download/34351/31258>.
- Ogden, Nick H. et Lindsay L. Robbin. « Effects of climate and climate change on vectors and vector-borne diseases: ticks are different. » *Trends in Parasitology* 32, n°8 (2016) : 646-656. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2016.04.015>.
- Office québécois de la langue française. « canicule. » 2016. http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26542278.
- Office québécois de la langue française. « vague de chaleur. » 2016. http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8354500.
- O'Neill, Marie et Kristie Ebi. « Temperature extremes and health: impacts of climate variability and change in the United States. » *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 51, n°1 (2009): 13-25. <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=19136869>.
- Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry. « Forest Fires. » 26 février, 2019. <https://www.ontario.ca/page/forest-fires>.
- Organisation des Nations Unies. *Données présentées dans les inventaires nationaux de gaz à effet de serre pour la période 1990-2016 – Rapport du secrétariat (FCCC/SBI/2018/17)*. Convention-cadre sur les changements climatiques, Katowice, décembre 2018.
- Organisation des Nations Unies. « Les changements climatiques. » 14 janvier, 2019. <http://www.un.org/fr/sections/issues-depth/climate-change/index.html>.
- Organisation Mondiale de la Santé. *COP24 special report: health and climate change*. Genève: Organisation Mondiale de la Santé, 2018. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/276405/9789241514972-eng.pdf?ua=1>.
- Organisation Mondiale de la Santé. *Noncommunicable diseases country profiles 2018*. Genève : Organisation Mondiale de la Santé, 2018. <https://www.who.int/nmh/publications/ncd-profiles-2018/en/>.
- Ouranos. « Pôle d'innovation sur la climatologie régionale. » 23 mars, 2019. <https://www.ouranos.ca/>.
- Ouranos. « Portraits climatiques. » 19 février, 2019. <https://www.ouranos.ca/portraitsclimatiques/#/regions/0>.
- Ouranos. *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*. 2015. <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf>.
- Parkin, Michael, Robin Bade et Patrick Gonzalez. *Introduction à la microéconomie moderne*. 4e édition, Saint-Laurent: ERPI, 2011.
- Parry, Ian, Chandara Veung et Dirk Heine. *How Much Carbon Pricing is in Countries' Own Interests? The Critical Role of Co-Benefits*. S.L. :Fonds monétaire international, 2014. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2014/wp14174.pdf>.
- Reeves, François. *Planète coeur : santé cardiaque et environnement*. Québec : Éditions MultiMondes et Éditions du CHU Sainte-Justine, 2011.

- Ressources naturelles Canada. « Sensibilités, impacts et adaptation. » 27 mai, 2014. <https://www.rncan.gc.ca/environnement/ressources/publications/impacts-adaptation/rapports/evaluations/2008/ch5-0>
- Riley, Sharon. « 'The lost summer' : the emotional and spiritual toll of the smoke apocalypse. » 26 février, 2019. <https://thenarwhal.ca/the-lost-summer-the-emotional-and-spiritual-toll-of-the-smoke-apocalypse/>.
- Robbin, Lindsay. « Situation actuelle des maladies à transmission vectorielle communes au Canada. » *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 42 (10): 223-224. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v42i10a03f>.
- Roberts, Steven. « Interactions between Particulate Air Pollution and Temperature in Air Pollution Mortality Time Series Studies. » *Environmental research* 96, n°3 (2004): 328-37. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2004.01.015>.
- Robitaille, Éric. *Potentiel piétonnier et utilisation des modes de transport actif pour aller au travail pour la région sociosanitaire de la Montérégie : état des lieux et perspectives d'interventions*. Québec : Institut National de Santé Publique, 2015. https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2041_potentiel_pietonnier_monteregie.pdf.
- Robitaille, Éric. *Rendre l'environnement bâti favorable à la pratique du vélo en toute sécurité!* Québec : Institut National de Santé Publique, 2017. https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2229_environnement_bati_favorable_velo_securite.pdf.
- Royer, Marie-Jeanne et Thora Herrmann. « Socioenvironmental changes in two traditional food species of the Cree First Nation of subarctic James Bay. » *Cahiers de géographie du Québec* 55, n°156 (2011): 575-601. <https://doi.org/10.7202/1008895ar>.
- Sanders, Nicholas J. « What doesn't kill you makes you weaker: Prenatal pollution exposure and educational outcomes. » *Journal of Human Resources* 47, n°3 (2012): 826-850. <http://jhr.uwpress.org/content/47/3/826.refs?related-urls=yes&legid=wpjhr;47/3/826>.
- Santé Canada. *Health Impacts of Air Pollution in Canada : An estimate of premature mortalities*. Ottawa: Santé Canada, 2017. http://publications.gc.ca/collections/collection_2018/sc-hc/H144-51-2017-eng.pdf
- Schnitzler, Johannes et al. « Survey on the population's needs and the public health response during floods in Germany 2002. » *Journal of Public Health Management and Practice* 13, n° 5: 461-464. <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=17762689>.
- Schröder, Enno et Servaas Strom. *Economic Growth and Carbon Emissions: The Road to 'Hothouse Earth' is Paved with Good Intentions*. Institute for New Economic Thinking (2018). https://www.ineteconomics.org/uploads/papers/WP_84.pdf.
- Schütte, Stefanie et al. « Connecting planetary health, climate change, and migration. » *The Lancet Planetary Health* 2, n°2 (2018): e58-e59. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30004-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30004-4).
- Schwerdtle, Patricia, Kathryn Bowen, and Celia McMichael. « The health impacts of climate-related migration. » *BMC medicine* 16, n° 1 (2018): 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12916-017-0981-7>.
- Séguin, Jacinthe. *Human health in a changing climate : a Canadian assessment of vulnerabilities and adaptive capacity*. Ottawa: Santé Canada, 2008. <http://publications.gc.ca/site/eng/9.691579/publication.html>.
- Smargiassi, Audrey et al. « Variation of Daily Warm Season Mortality as a Function of Micro-Urban Heat Islands. » *Journal of Epidemiology & Community Health* 63, n°8 (2009): 659-64. <http://dx.doi.org/10.1136/jech.2008.078147>.
- Société de protection des forêts contre le feu. « SOPFEU. » 26 février, 2019. <http://sopfeu.qc.ca/>
- Tan, Jianguo et al. « The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. » *International Journal of Biometeorology* 54, n°1 (2010) : 75-84. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0256-x>.
- Turin, Tanvir Chowdhury et al. « Lifetime risk of diabetes among First Nations and non-First Nations people. » *Canadian Medical Association Journal* 188, n°16 (2016): 1147-1153. <https://doi.org/10.1503/cmaj.150787>.

- U.S. Department of State. « The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. » 23 février, 2019. <https://www.state.gov/e/oes/eqt/chemicalpollution/83007.htm>.
- Vida, Stephen et al. « Relationship between ambient temperature and humidity and visits to mental health emergency departments in Quebec. » *Psychiatric Services* 63 n°11 (2012): 1150–53. <https://doi.org/10.1176/appi.ps.201100485>.
- Vergriete, Yann et Michel Labrecque. « Rôles des arbres et des plantes grimpantes en milieu urbain: revue de la littérature et tentative d'extrapolation au contexte montréalais. » Janvier, 2017. [http://mapresquile.free.fr/mapresquile/Actualites/Entrees/2012/8/21_La_grande_panne_\(suite\)_files/arbres%20en%20ville.pdf](http://mapresquile.free.fr/mapresquile/Actualites/Entrees/2012/8/21_La_grande_panne_(suite)_files/arbres%20en%20ville.pdf).
- Warren, F.J. et D.S. Lemmen. *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspective des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*. Ottawa : Ressources naturelles Canada, 2014. https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf.
- Watts, Nick et al. « Health and climate change: policy responses to protect public health. » *The Lancet Commissions* 386, n°10006: 1861-1914. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60854-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60854-6).
- Watts, Nick et al. « The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. » *The Lancet* 392, n°10163 (2018): 2479-2514. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32594-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32594-7).
- Watts, Nick et al. « The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. » *The Lancet* 391, n° 10120 (2018): 581-630. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32464-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9).
- West, Jason et al. « Co-Benefits of Mitigating Global Greenhouse gas Emissions for Future Air Quality and Human Health. » *Nature Climate Change* 3 (2013) : 885–889. <https://www.nature.com/articles/nclimate2009>.
- Wettstein, Zachary S. et al. « Cardiovascular and Cerebrovascular Emergency Department Visits Associated with Wildfire Smoke Exposure in California in 2015. » *Journal of the American Heart Association* 7, n°8 (2018). <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.007492>.
- Wittig, V et al. « Public Health Impacts of Residential Wildfires: Analysis of Ash and Debris from the 2007 Southern California Fires. » *Epidemiology* 19, n°6: S207. https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2008/11001/Public_Health_Impacts_of_Residential_Wildfires_587.aspx.
- Woodcock, James et al. « Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: urban land transport. » *The Lancet* 374, n°9705 (2009): 1930-1943. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61714-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61714-1).
- Woods, Allan. « More than 90 deaths now linked to heat wave in Quebec. » 18 juillet, 2018. <https://www.thestar.com/news/canada/2018/07/18/89-deaths-now-linked-to-heat-wave-in-quebec.html>.