

Rapports sur la santé

Les répercussions des événements de chaleur extrême sur la mortalité dont les causes sont d'origine non accidentelle, cardiovasculaire et respiratoire : une analyse de 12 villes canadiennes, de 2000 à 2020

par Matthew Quick

Date de diffusion : le 19 juin 2024



Statistique
Canada

Statistics
Canada

Canada

Comment obtenir d'autres renseignements

Pour toute demande de renseignements au sujet de ce produit ou sur l'ensemble des données et des services de Statistique Canada, visiter notre site Web à www.statcan.gc.ca.

Vous pouvez également communiquer avec nous par :

Courriel à infostats@statcan.gc.ca

Téléphone entre 8 h 30 et 16 h 30 du lundi au vendredi aux numéros suivants :

- | | |
|---|----------------|
| • Service de renseignements statistiques | 1-800-263-1136 |
| • Service national d'appareils de télécommunications pour les malentendants | 1-800-363-7629 |
| • Télécopieur | 1-514-283-9350 |

Normes de service à la clientèle

Statistique Canada s'engage à fournir à ses clients des services rapides, fiables et courtois. À cet égard, notre organisme s'est doté de normes de service à la clientèle que les employés observent. Pour obtenir une copie de ces normes de service, veuillez communiquer avec Statistique Canada au numéro sans frais 1-800-263-1136. Les normes de service sont aussi publiées sur le site www.statcan.gc.ca sous « Contactez-nous » > « [Normes de service à la clientèle](#) ».

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population du Canada, les entreprises, les administrations et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques exactes et actuelles.

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Industrie, 2024

L'utilisation de la présente publication est assujettie aux modalités de l'[entente de licence ouverte](#) de Statistique Canada.

Une [version HTML](#) est aussi disponible.

This publication is also available in English.

Les répercussions des événements de chaleur extrême sur la mortalité dont les causes sont d'origine non accidentelle, cardiovasculaire et respiratoire : une analyse de 12 villes canadiennes, de 2000 à 2020

par Matthew Quick

DOI : <https://www.doi.org/10.25318/82-003-x202400600001-fra>

RÉSUMÉ

Contexte

Les événements de chaleur extrême ont des répercussions considérables sur la mortalité. Au Canada, une recherche antérieure a permis d'analyser l'ampleur à laquelle s'accroît la mortalité dont la cause est d'origine non accidentelle pendant un seul événement de chaleur extrême. Toutefois, peu d'études ont examiné les multiples causes de décès et les répercussions des événements de chaleur extrême sur la mortalité sur de plus longues périodes.

Données et méthodologie

Le nombre de décès quotidiens dont les causes sont d'origine non accidentelle, cardiovasculaire et respiratoire a été relevé pour les 12 villes les plus peuplées du Canada, de 2000 à 2020. On a appliqué des modèles additifs généralisés pour quantifier les risques de mortalité quotidienne chez les personnes de moins de 65 ans et les personnes de 65 ans et plus dans chaque ville et pour chaque cause de décès. Les résultats du modèle ont été utilisés pour calculer la variation des risques de mortalité et le nombre de surmortalités attribuables à la chaleur extrême lors d'événements de chaleur extrême.

Résultats

Dans la plupart des villes, on a observé des risques élevés de mortalité dont les causes sont d'origine non accidentelle et respiratoire lors d'événements de chaleur extrême. Les répercussions de la chaleur extrême sur la mortalité non accidentelle étaient généralement plus importantes chez les personnes de 65 ans et plus que chez les personnes de moins de 65 ans. On a observé des risques de mortalité non accidentelle nettement plus élevés lors d'événements de chaleur extrême chez les personnes de 65 ans et plus à Montréal, à Québec, à Surrey et à Toronto. En ce qui concerne les causes d'origine cardiovasculaire et respiratoire, les personnes de 65 ans et plus présentaient des risques beaucoup plus élevés de mortalité lors d'événements de chaleur extrême à Montréal, et à Montréal et Toronto, respectivement. Dans les 12 villes, environ 670 surmortalités non accidentelles, 115 surmortalités dont la cause est d'origine cardiovasculaire et 115 surmortalités dont la cause est d'origine respiratoire étaient attribuables aux événements de chaleur extrême pendant la période à l'étude. De manière générale, les risques de mortalité pendant les événements de chaleur extrême étaient plus élevés dans les villes ayant de plus grandes proportions de ménages locataires et où les événements de chaleur extrême étaient moins fréquents.

Interprétation

La présente étude fournit une estimation des répercussions à long terme d'événements de chaleur extrême sur trois résultats liés à la mortalité dans un ensemble de grandes villes canadiennes. Étant donné que les événements de chaleur extrême causés par les changements climatiques sont de plus en plus fréquents et intenses, et que les décideurs cherchent à réduire les répercussions de la chaleur sur la santé, il est important de comprendre de quelle façon et dans quels cas la chaleur extrême a une incidence sur la santé.

Mots-clés

Chaleur extrême, changements climatiques, mortalité, température, vague de chaleur

AUTEUR

Matthew Quick travaille à la Division de l'analyse de la santé de Statistique Canada.

Ce que l'on sait déjà sur le sujet

- Les événements de chaleur extrême entraînent des répercussions considérables sur la mortalité.
- Dans le contexte canadien, une étude antérieure a quantifié la mesure dans laquelle les risques de mortalité dont la cause est d'origine non accidentelle augmentent pendant un seul événement de chaleur extrême.
- Comme les événements de chaleur extrême causés par les changements climatiques sont de plus en plus fréquents et intenses, il est important de comprendre les répercussions à long terme de la chaleur extrême sur la santé en ce qui concerne divers résultats relatifs à la mortalité.

Ce qu'apporte l'étude

- Dans la plupart des villes, des risques élevés de mortalité dont les causes sont d'origine non accidentelle et respiratoire lors d'événements de chaleur extrême ont été relevés.
- Les répercussions de la chaleur extrême sur la mortalité étaient généralement plus importantes chez les personnes de 65 ans et plus que chez les personnes de moins de 65 ans.
- Les risques de mortalité pendant les événements de chaleur extrême étaient plus élevés dans les villes ayant de plus grandes proportions de ménages locataires et où les événements de chaleur extrême sont peu fréquents.

Il a été démontré que la chaleur extrême est associée aux risques élevés de mortalité au Canada et dans divers contextes internationaux^{1,2,3,4,5,6,7,8}. Caractérisés par des températures élevées et des taux d'humidité élevés qui persistent pendant plusieurs heures ou plusieurs jours, les événements de chaleur extrême sont habituellement définis et déclarés par les administrations publiques et les organismes de santé publique. Ils représentent une partie des systèmes d'alerte sanitaire en cas de chaleur qui visent à sensibiliser la population concernant la chaleur extrême et à fournir des renseignements et des ressources pour réduire l'exposition à la chaleur^{9,10}. Puisque les événements de chaleur extrême sont de plus en plus longs, fréquents et intenses en raison des changements climatiques¹¹, et que les politiques relatives à la santé et à l'adaptation aux changements climatiques visent à réduire les répercussions de la chaleur extrême¹², il est de plus en plus important de comprendre dans quelles situations et de quelle façon la chaleur a une incidence sur divers résultats en matière de santé, notamment la mortalité.

L'exposition à la chaleur extrême est associée à la mortalité de diverses façons. Premièrement, la chaleur endogène ou exogène peut dépasser les capacités de thermorégulation du corps humain et mener à l'épuisement par la chaleur, à des maladies liées à la chaleur et à un coup de chaleur. Habituellement caractérisé par une combinaison de températures corporelles élevées (40 °C ou plus) et du dysfonctionnement du système nerveux central, un coup de chaleur est une maladie grave liée à la chaleur qui, sans refroidissement rapide, peut entraîner la mort¹³. Deuxièmement, l'exposition à la chaleur est associée à l'apparition et à l'exacerbation de bon nombre de problèmes de santé existants, notamment des maladies cardiovasculaires et respiratoires, qui peuvent augmenter les risques de mortalité^{13,14}. Troisièmement, la chaleur est propice à la

formation de polluants atmosphériques, comme l'ozone, qui se sont avérés être positivement associés au risque de décès prématuré à la suite d'une exposition à court terme et à long terme¹⁵.

En général, les études antérieures des répercussions des événements de chaleur extrême sur la mortalité au Canada étaient axées sur la quantification de la mesure dans laquelle le nombre de décès de cause non accidentelle augmente au cours d'un seul événement. Par exemple, Kosatsky *et al.*¹⁶ ont observé que le nombre de décès dont la cause est d'origine non accidentelle a augmenté d'environ 40 % lors d'une vague de chaleur survenue en 2009 à Vancouver, en Colombie-Britannique. À Québec, Bustinza *et al.*¹⁷ ont constaté que le taux de mortalité de cause non accidentelle a augmenté d'environ 33 % dans huit régions sociosanitaires au cours d'une vague de chaleur de cinq jours en 2010, mais que seulement trois régions ont connu des augmentations importantes relatives à la moyenne enregistrée au cours des cinq années précédentes. Plus récemment, Henderson *et al.*¹⁸ ont observé une augmentation de 440 % des décès dans les collectivités (c.-à-d. autre que dans les établissements de soins) à Vancouver lors de l'événement du dôme de chaleur de 2021, présentant des risques plus élevés chez les personnes de 65 ans et plus. Toutefois, à ce jour, moins d'études ont examiné les répercussions des événements de chaleur extrême sur plusieurs causes de décès et sur de longues périodes (c.-à-d. plus d'un événement en une ou plusieurs années), ainsi que la façon dont les risques de mortalité lors d'événements de chaleur extrême varient sur le plan géographique à l'échelle du pays.

Cette étude analyse les répercussions des événements de chaleur extrême sur les décès dont la cause est d'origine non accidentelle, cardiovasculaire et respiratoire, de 2000 à 2020

dans 12 des plus grandes villes du Canada. Le premier objectif de cette étude était de quantifier la mesure dans laquelle les risques de mortalité selon la ville, la cause et le groupe d'âge étaient plus élevés ou moins élevés pendant les journées classées comme événements de chaleur extrême, par rapport aux journées sans événements de chaleur extrême. Le deuxième objectif consistait à estimer le nombre de surmortalités attribuables aux événements de chaleur extrême au cours de la période à l'étude. Le troisième objectif de cette étude était de décrire de quelle façon et les raisons pour lesquelles les répercussions de la chaleur extrême et des événements de chaleur extrême sur la mortalité variaient dans cet ensemble de villes diversifiées des points de vue climatique et géographique.

Méthodologie

Données sur la mortalité

Les données sur la mortalité quotidienne de 2000 à 2020 ont été extraites de la Base canadienne de données de l'état civil – Décès pour les 12 villes ayant une population de plus de 500 000 habitants lors du Recensement de 2021 (de la plus peuplée à la moins peuplée) : Toronto, Montréal, Calgary, Ottawa, Edmonton, Winnipeg, Mississauga, Vancouver, Brampton, Hamilton, Surrey et Québec. Toutes les villes ont été définies à l'aide des limites des subdivisions de recensement (SDR) de 2021, à l'exception de Montréal et de Québec. Montréal a été définie comme la SDR de Montréal et de l'ensemble des autres villes et villages de l'île de Montréal (p. ex. Beaconsfield, Dorval). Québec a été définie comme la SDR de Québec, ainsi que la ville de L'Ancienne-Lorette. D'après le Recensement de 2021, environ 34 % de la population nationale habitait dans ces 12 villes¹⁹.

On a calculé le nombre de décès quotidiens pour deux groupes d'âge (moins de 65 ans et 65 ans et plus)^{20,21} et trois causes de décès : causes d'origine non accidentelle (Classification internationale des maladies [CIM]-9, codes 000 à 799 et CIM-10, codes A00 à R99), causes d'origine cardiovasculaire (CIM-9, codes 390 à 459 et CIM-10, codes I00 à I99), et causes d'origine respiratoire (CIM-9, codes 460 à 510 et CIM-10, codes J00 à J99). Toutes les analyses se limitaient aux mois d'été : juin, juillet et août^{4,22}.

Données météorologiques et sur la pollution atmosphérique

Les données sur la température et l'humidité quotidiennes proviennent d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) pour toutes les stations météorologiques situées à l'intérieur des limites géographiques des 12 villes. Les températures maximales et les valeurs minimales liées à l'humidité relative quotidiennes ont été établies selon les valeurs maximales et minimales observées dans cet ensemble de stations météorologiques, dans chaque ville, respectivement⁶. On a calculé les valeurs de l'indice humidex

en fonction des températures maximales et des valeurs minimales liées à l'humidité relative quotidiennes²³. L'indice humidex combine la température et l'humidité pour mieux décrire la façon dont une personne moyenne ressent le temps chaud et humide²⁴. Il convient de noter que les données sur l'humidité relative n'étaient pas disponibles pour Brampton lors de la période à l'étude, donc on a utilisé les valeurs de Mississauga, la ville la plus près, située à environ 20 km au sud-est.

Les données sur l'ozone (O₃), le dioxyde d'azote (NO₂) et la matière particulaire fine (PM_{2,5}) évaluées aux stations de surveillance de polluants atmosphériques à l'intérieur des limites des villes proviennent du programme du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique²⁵. Pour réduire l'incidence des valeurs aberrantes dans les données horaires, on a calculé les niveaux de pollution atmosphérique à l'aide de la moyenne tronquée de 10 %⁶. Les polluants atmosphériques ont été inclus en tant que covariables dans les modèles de régression afin de tenir compte des liens positifs à court terme possibles à la mortalité^{2,21,26,27}.

Définition des événements de chaleur extrême

Les événements de chaleur extrême ont été définis au moyen des critères d'avertissement de chaleur publiés par ECCC²⁸. Élaborés en collaboration avec plusieurs intervenants, notamment Santé Canada ainsi que les autorités de la santé provinciales et territoriales, les critères d'avertissement de chaleur précisent les seuils de température et de l'indice humidex qui entraînent un événement de chaleur extrême s'ils sont atteints ou dépassés. Les critères d'avertissement de chaleur sont publiés pour 15 zones géographiques au Canada. À Calgary, par exemple, un événement de chaleur extrême est déclaré lorsque l'on s'attend à ce qu'une température maximale de 29 °C et une température minimale de 14 °C soient observées pendant au moins deux jours. En revanche, à Toronto, un événement de chaleur extrême est déclaré lorsque l'on s'attend à ce qu'une température maximale de 31 °C et une température minimale de 20 °C ou des valeurs de l'indice humidex d'au moins 40 soient observées pendant au moins deux jours. Les critères d'avertissement de chaleur pour les 12 villes analysées dans le cadre de la présente étude sont décrits à l'annexe 1.

Modélisation des risques de mortalité quotidienne

Pour chaque ville ($j = 1, \dots, 12$), cause de décès ($k = 1, 2, 3$) et groupe d'âge ($m = 1, 2$), le nombre de décès observés le jour i ($= 1, \dots, 1932$) a été appliqué à un modèle additif généralisé log-linéaire à l'aide des covariables suivantes : la température maximale le jour i ; la moyenne des températures maximales au cours des trois jours précédant le jour i ^{6,29}; une variable binaire établie à « 1 » si le jour i est classé comme un événement de chaleur extrême^{2,30}; les niveaux moyens d'O₃, de NO₂ et de PM_{2,5} enregistrés le jour i ; un ensemble de variables binaires mesurant le jour de la semaine³¹; une variable binaire établie à

« 1 » pour tous les jours de l'année 2020; et une chronologie continue.

Pour permettre des associations non linéaires avec la mortalité, les coefficients de régression pour les deux variables de température, les trois variables de pollution atmosphérique et la chronologie continue ont été précisés à l'aide de plans splines^{6,32,33,34}. La chronologie continue a été incluse pour retirer les tendances à long terme des données (p. ex. une augmentation du nombre de décès causée par l'accroissement de la taille des populations et le changement des structures par âge) tout en maintenant la variabilité à court terme^{6,9,29}. La variable binaire mesurant les journées de chaleur extrême a tenu compte des effets des événements de chaleur extrême sur la mortalité qui découlent des effets de la température^{2,3,31}. La variable binaire établie à « 1 » pour tous les jours de l'année 2020 avait pour but de s'adapter au nombre de décès moyen plus élevé pendant la pandémie de COVID-19. Tous les modèles ont été estimés à l'aide d'une probabilité quasi-Poisson pour permettre une dispersion quant au nombre de décès. Les modèles ont été ajustés au moyen de la trousse mgcv (v1.8-39)³⁵ dans le logiciel statistique R (v.4.1)³⁶.

On a eu recours aux résultats des modèles additifs généralisés log-linéaires pour calculer les risques de mortalité quotidienne liée à la chaleur (*HRMR*) pour chaque ville, cause et groupe d'âge (équation [1]). Les *HRMR* quantifient les effets combinés de la température et des événements de chaleur extrême sur la mortalité. Dans l'équation (1), *f* représente la fonction non linéaire de la température maximale quotidienne, *g* représente la fonction non linéaire de la température maximale moyenne des trois jours précédents et *β* représente le coefficient de la variable binaire qui tient compte des effets ajoutés des événements de chaleur extrême. Pour évaluer l'ampleur relative *HRMR* lors d'événements de chaleur extrême, on a calculé les risques relatifs liés à la chaleur extrême (*EHRR*) en divisant la moyenne des *HRMR* de toutes les journées avec des événements de chaleur extrême par la moyenne des *HRMR* de toutes les autres journées (sans événements de chaleur extrême)^{3,6}. L'ensemble des *EHRR* (c.-à-d. combinés pour les deux groupes d'âge) a été calculé comme la moyenne de $HRMR_{m=1} + HRMR_{m=2}$ pendant les journées avec des événements de chaleur extrême divisée par la moyenne de $HRMR_{m=1} + HRMR_{m=2}$ pendant les journées sans événements de chaleur extrême.

$$HRMR_{ijkm} = \exp \left(f_{jkm} \left(T_i^{max} \right) + g_{jkm} \left(T_i^{3day} \right) + \beta_{jkm} x_i \right)$$

Le nombre de surmortalités attribuables aux événements de chaleur extrême a été calculé à l'aide de l'équation (2), où *Y* représente le nombre moyen de décès en une journée sans événements de chaleur extrême et *N* représente le nombre total de journées avec des événements de chaleur extrême⁶. Le nombre de surmortalités a été calculé annuellement pour chaque ville, cause et groupe d'âge. Le nombre total de surmortalités

attribuables aux événements de chaleur extrême a ensuite été calculé comme la somme des surmortalités annuelles de 2000 à 2020.

$$Surmortalités_{jkm} = Y_{jkm} \cdot (EHRR_{jkm} - 1) \cdot N_j$$

Pour chaque quantité provenant des résultats du modèle (c.-à-d. les *HRMR*, les *EHRR* et les surmortalités), on a évalué l'incertitude en créant des distributions *a posteriori* de paramètres du modèle en fonction des coefficients estimés et des matrices de variance-covariance, puis en calculant la quantité dérivée en fonction de 10 000 simulations des distributions *a posteriori*. Les intervalles d'incertitude de 95 % indiqués dans le présent article représentent les valeurs du centile de 2,5 et de 97,5 de ces simulations.

Analyses de sensibilité

La première analyse de sensibilité définissait les événements de chaleur extrême comme deux journées consécutives ou plus ayant des températures maximales égales ou supérieures au 95^e centile des températures maximales quotidiennes pendant les mois de juin, de juillet et d'août, de 2000 à 2020 (annexe 1)³⁷. La deuxième et la troisième analyse comprenaient seulement une des covariables liées à la température. La quatrième analyse de sensibilité estimait les associations non linéaires entre la température et la mortalité au moyen de splines cubiques pénalisées⁷. La cinquième analyse a limité la période à l'étude de 2000 à 2019. Les résultats des analyses de sensibilité sont présentés à l'annexe 2 et sont généralement semblables à ceux présentés ci-dessous.

Résultats

Le tableau 1 montre le nombre moyen de décès quotidiens au cours des journées sans événements de chaleur extrême ainsi que le nombre moyen de journées classées comme ayant des événements de chaleur extrême par année pendant la période à l'étude. En général, l'ampleur du nombre moyen de décès quotidiens cadre avec la taille de la population de chaque ville, le nombre le plus élevé et le nombre le moins élevé de décès quotidiens ayant été observés à Toronto et à Brampton, respectivement. En ce qui concerne l'ensemble des villes et des causes, le nombre de décès quotidiens était plus élevé chez les personnes de 65 ans et plus et chez celles de moins de 65 ans.

Au cours de la période de 21 ans à l'étude, les événements de chaleur extrême étaient les plus fréquents dans les villes situées dans le sud-ouest de l'Ontario et les moins fréquents dans les villes situées en Colombie-Britannique. Par exemple, Toronto et Hamilton, qui ont un climat continental caractérisé par des étés chauds et humides, ont eu en moyenne environ 11 et 7 journées de chaleur extrême par année au cours de la période à l'étude, respectivement. À titre de comparaison, Vancouver et Surrey, qui ont des climats océaniques plus modérés, ont eu en moyenne environ une journée avec un événement de chaleur extrême par année. L'uniformité des événements de chaleur

extrême au fil du temps varie également de manière considérable; par exemple, Vancouver a enregistré 6 années comptant une journée ou plus avec des événements de chaleur extrême, tandis que Toronto a enregistré 19 années.

Risques relatifs liés à la chaleur extrême

Les *EHRR* pour les cas de mortalité dont les causes sont d'origine non accidentelle, cardiovasculaire et respiratoire sont présentés à la figure 1 (voir l'annexe 3 également). Les estimations de *EHRR* supérieures à « 1 » indiquent qu'en moyenne, les *HRMR* étaient plus grands pendant les journées ayant des événements de chaleur extrême que les journées sans événements de chaleur extrême. D'abord axées sur la mortalité dont la cause est d'origine non accidentelle, les estimations

ponctuelles globales des *EHRR* étaient supérieures à « 1 » dans 10 des 12 villes. Pour les deux groupes d'âge combinés, seule Montréal présentait un *EHRR* beaucoup plus élevé que « 1 » à 95 % d'incertitude, avec un risque de mortalité de 9 % (intervalle de confiance [IC] de 95 % : de 4 % à 15 %) plus élevé les journées avec des événements de chaleur extrême. Les *EHRR* pour les personnes de 65 ans et plus étaient plus grands que pour les personnes de moins de 65 ans dans 7 des 12 villes. À Montréal, à Québec, à Surrey et à Toronto, plus précisément, les personnes plus âgées présentaient des risques de mortalité non accidentelle considérablement plus élevés les journées de chaleur extrême. Dans toutes les villes analysées, les risques de mortalité non accidentelle n'étaient pas beaucoup plus élevés pendant les événements de chaleur extrême chez les personnes plus jeunes.

Tableau 1
Nombre moyen de décès au cours des journées sans événements de chaleur extrême et nombre moyen de journées classées comme ayant des événements de chaleur extrême en juin, juillet et août, de 2000 à 2020

Ville et groupe d'âge	Nombre de décès par jour les jours sans événements de chaleur extrême						Jours d'événements de chaleur extrême par année
	Causes d'origine non accidentelle		Causes d'origine cardiovasculaire		Causes d'origine respiratoire		
	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type	
Brampton							
Moins de 65 ans	1,2	1,1	0,3	0,5	0,0	0,2	5,8
65 ans et plus	3,1	2,0	1,0	1,1	0,3	0,5	5,8
Calgary							
Moins de 65 ans	2,9	1,8	0,6	0,8	0,1	0,3	1,9
65 ans et plus	10,1	3,6	3,8	2,0	0,9	0,9	1,9
Edmonton							
Moins de 65 ans	3,0	1,8	0,7	0,8	0,2	0,4	5,0
65 ans et plus	9,7	3,5	3,4	1,9	1,0	1,0	5,0
Hamilton							
Moins de 65 ans	2,0	1,4	0,5	0,7	0,1	0,3	7,1
65 ans et plus	8,0	3,0	2,6	1,6	0,8	0,9	7,1
Mississauga							
Moins de 65 ans	3,2	1,8	0,7	0,8	0,1	0,3	5,8
65 ans et plus	9,9	3,7	3,1	1,8	0,9	0,9	5,8
Montréal							
Moins de 65 ans	6,0	2,5	1,3	1,2	0,2	0,5	3,4
65 ans et plus	28,0	5,7	8,2	3,1	2,5	1,6	3,4
Ottawa							
Moins de 65 ans	2,5	1,6	0,5	0,7	0,1	0,3	4,3
65 ans et plus	10,2	3,5	3,3	1,8	0,9	1,0	4,3
Québec							
Moins de 65 ans	1,7	1,3	0,4	0,6	0,1	0,3	1,8
65 ans et plus	8,5	3,0	2,4	1,6	0,8	0,9	1,8
Surrey							
Moins de 65 ans	1,7	1,3	0,3	0,6	0,1	0,3	0,9
65 ans et plus	5,9	2,7	2,0	1,4	0,5	0,7	0,9
Toronto							
Moins de 65 ans	7,5	2,7	1,6	1,3	0,3	0,5	11,3
65 ans et plus	31,7	6,0	10,2	3,4	2,8	1,7	11,3
Vancouver							
Moins de 65 ans	2,4	1,6	0,4	0,7	0,1	0,3	0,8
65 ans et plus	10,0	3,2	3,3	1,9	1,0	1,0	0,8
Winnipeg							
Moins de 65 ans	2,6	1,6	0,6	0,8	0,1	0,3	3,0
65 ans et plus	10,7	3,3	3,7	2,0	1,0	1,9	3,0

Sources : Base canadienne de données de l'état civil – Décès; données historiques d'Environnement et Changement climatique Canada, 2000 à 2020; critères d'alertes météo publiques d'Environnement et Changement climatique Canada.

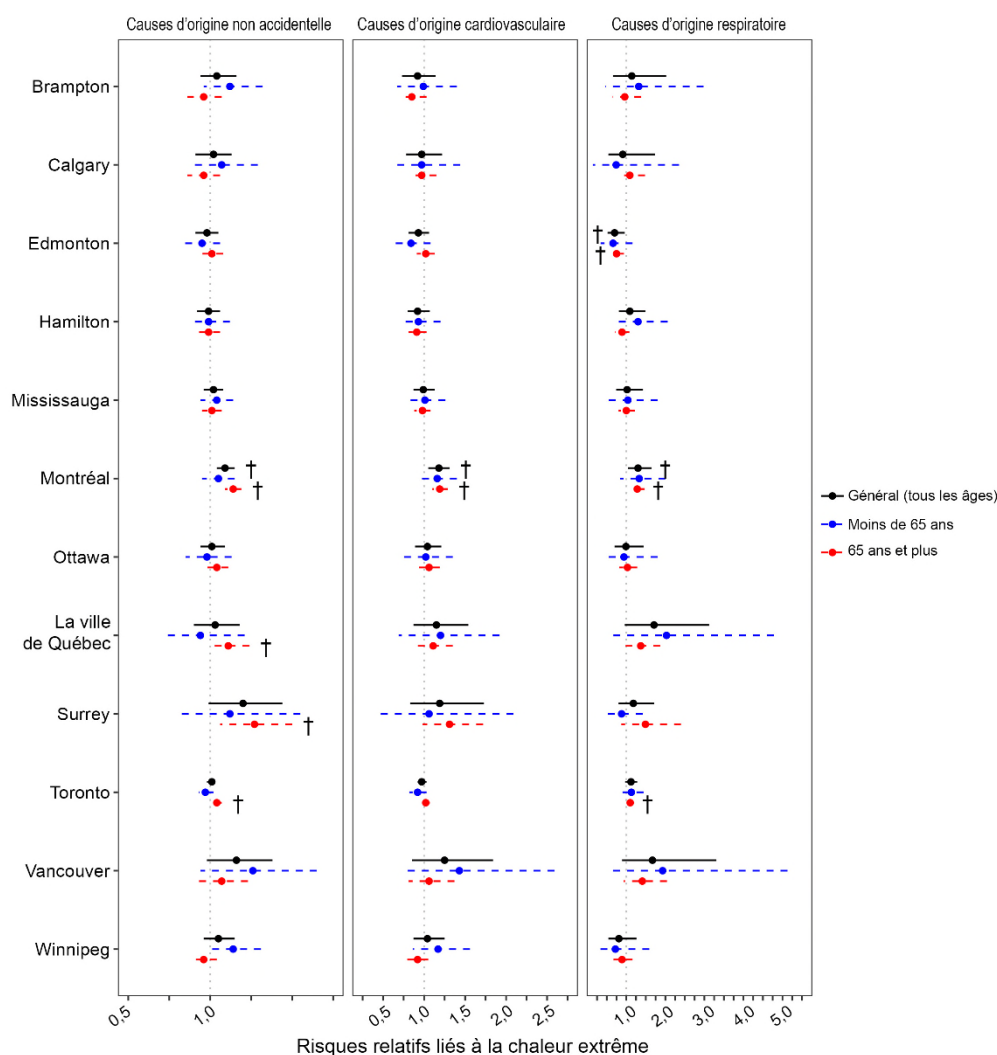
Pour ce qui est de la mortalité dont la cause est d'origine cardiovasculaire, les estimations ponctuelles globales des *EHRR* étaient supérieures à « 1 » dans 6 des 12 villes : Montréal, Ottawa, Québec, Surrey, Vancouver et Winnipeg. La seule ville dans laquelle les événements de chaleur extrême ont eu une incidence considérable sur la mortalité dont la cause est d'origine cardiovasculaire en général est Montréal, où les risques de mortalité quotidienne ont augmenté d'environ 18 % (IC de 95 % : de 5 % à 31 %) pendant les journées ayant des événements de chaleur extrême, par rapport aux journées sans événements de chaleur extrême. En ce qui concerne les estimations propres au groupe d'âge, dans cinq villes, les estimations ponctuelles des *EHRR* étaient plus importantes

chez les personnes de 65 ans et plus que chez les personnes de moins de 65 ans. Quant aux adultes plus âgés, les risques de mortalité quotidienne dont la cause est d'origine cardiovasculaire étaient considérablement plus élevés pendant les événements de chaleur extrême à Montréal, affichant une augmentation de 19 % (IC de 95 % : de 10 % à 29 %), par rapport aux journées sans événements de chaleur extrême. Il n'y avait aucune ville où les personnes de moins de 65 ans présentaient des *EHRR* beaucoup plus grands que « 1 ».

À l'instar de la mortalité dont les causes sont d'origine non accidentelle et cardiovasculaire, les *EHRR* généraux liés à la mortalité dont la cause est d'origine respiratoire indiquaient des risques plus élevés de mortalité les journées de chaleur extrême

Figure 1

Risques relatifs liés à la chaleur extrême sur la mortalité dont les causes sont d'origine non accidentelle, cardiovasculaire et respiratoire dans 12 des plus grandes villes du Canada



† valeur significativement différente de 1 à 95 % d'incertitude

Note : Les intervalles d'incertitude à 95 % sont représentés par les lignes horizontales.

Sources : Base canadienne de données de l'état civil – Décès; Environnement et Changement climatique Canada, 2000 à 2020; et critères d'alertes météo publiques d'Environnement et Changement climatique Canada.

dans la plupart des villes; seules Calgary, Edmonton, Ottawa et Winnipeg affichaient des estimations ponctuelles globales *EHRR* inférieures à « 1 ». Les *EHRR* globaux liés aux causes d'origine respiratoire étaient nettement supérieurs à « 1 » à Montréal, affichant un risque de mortalité quotidien moyen de 30 % (IC de 95 % : de 4 % à 65 %) plus élevé lors des événements de chaleur extrême. En revanche, les *EHRR* globaux étaient nettement inférieurs à « 1 » à Edmonton, affichant un risque de mortalité quotidien moyen de 30 % (IC de 95 % : de 3 % à 48 %) moins élevé pendant les journées de chaleur extrême. Les événements de chaleur extrême étaient également associés à des risques beaucoup plus élevés de mortalité dont la cause est d'origine respiratoire chez les adultes plus âgés à Montréal et à Toronto.

Surmortalité attribuable aux événements de chaleur extrême

Le tableau 2 affiche le nombre de surmortalités attribuables aux événements de chaleur extrême dont les causes sont d'origine non accidentelle, cardiovasculaire et respiratoire. Au cours de la période à l'étude et dans toutes les villes, environ 668 surmortalités non accidentelles, 115 surmortalités dont la cause est d'origine cardiovasculaire et 114 surmortalités dont la cause est d'origine respiratoire étaient attribuables aux risques accrus de mortalité pendant les événements de chaleur extrême (figure 1). Le nombre de surmortalités dont la cause est d'origine non accidentelle était supérieur à zéro à Montréal, à Surrey et à Toronto, à 95 % d'incertitude. Les neuf autres villes enregistraient un nombre estimatif de surmortalités qui comprenait zéro. Les événements de chaleur extrême se sont avérés être associés à un nombre de surmortalités considérablement supérieur à zéro dont les causes sont d'origine cardiovasculaire à Montréal et d'origine respiratoire à Montréal, à Québec et à Toronto. Montréal était la seule ville dans laquelle les événements de chaleur extrême étaient associés à une augmentation sans ambiguïté des surmortalités pour les

trois résultats. Cette constatation cadre avec une recherche antérieure analysant les causes de décès d'origine non accidentelle et cardiorespiratoire dans cette ville^{17,20,38,39}.

Discussion

Dans le cadre de la présente étude, on a estimé les répercussions des événements de chaleur extrême sur la mortalité dont les causes sont d'origine non accidentelle, cardiovasculaire et respiratoire dans 12 des plus grandes villes au Canada, de 2000 à 2020. Cette étude s'appuie sur une recherche antérieure en analysant plusieurs causes de décès, modélisant les associations entre la chaleur extrême et la mortalité sur une longue période, et en explorant la façon dont les répercussions des événements de chaleur extrême varient d'une ville à l'autre. De façon générale, cette étude montre que dans la plupart des villes, les risques de mortalité quotidienne dont les causes sont d'origine non accidentelle et respiratoire étaient plus élevés pendant les journées avec des événements de chaleur extrême et que les répercussions de la chaleur extrême sur la mortalité dont la cause est d'origine cardiovasculaire propres aux villes étaient plutôt hétérogènes. Les événements de chaleur extrême étaient plus fortement associés à la mortalité chez les personnes de 65 ans et plus, par rapport aux personnes de moins de 65 ans; les personnes de moins de 65 ans ne présentaient pas de risques de mortalité beaucoup plus élevés pendant les événements de chaleur extrême, pour toutes les causes ou dans toutes les villes.

Comparativement à la recherche antérieure, les résultats de la présente étude laissent entendre que les répercussions moyennes à long terme des événements de chaleur extrême sur la mortalité étaient considérablement plus faibles que celles estimées précédemment dans le cadre d'analyses d'événements individuels^{16,17,18,39}. Une explication de cette différence est que la plupart des études antérieures mettent l'accent sur des événements ayant été associés à de fortes hausses de la mortalité et, par conséquent, reflètent le risque extrême des événements

Tableau 2
Nombre total de surmortalités attribuables aux événements de chaleur extrême, de 2000 à 2020

Ville	Causes d'origine non accidentelle			Causes d'origine cardiovasculaire			Causes d'origine respiratoire		
	moyenne	centile 2,5	centile 97,5	moyenne	centile 2,5	centile 97,5	moyenne	centile 2,5	centile 97,5
Brampton	1	-46	52	-21	-45	7	0	-12	15
Calgary	-8	-51	-39	-4	-28	22	2	-9	16
Edmonton	-3	-80	79	-6	-48	40	-33	-51	-11
Hamilton	-9	-93	-76	-37	-79	8	-9	-30	15
Mississauga	22	-61	108	-9	-52	38	0	-22	26
Montréal	295	188	409	130	70	193	56	24	93
Ottawa	32	-49	107	19	-21	62	2	-16	24
Québec	32	-8	76	12	-8	35	14	1	29
Surrey	34	9	63	12	-1	28	5	-2	16
Toronto	250	35	471	25	-93	146	76	11	144
Vancouver	23	-7	55	7	-9	24	10	0	22
Winnipeg	-1	-60	61	-13	-44	22	-9	-23	9

Sources : Base canadienne de données de l'état civil – Décès; données historiques d'Environnement et Changement climatique Canada, 2000 à 2020; critères d'alertes météo publiques d'Environnement et Changement climatique Canada.

de chaleur extrême. En revanche, cette étude tient compte de tous les événements de chaleur extrême sur deux décennies, dont certains ont été examinés dans le cadre d'études antérieures, ainsi que de nombreux événements susceptibles d'avoir eu peu de répercussions, voire aucune, sur la mortalité quotidienne. Les résultats de cette étude cadrent toutefois avec les travaux antérieurs axés sur les répercussions de la chaleur extrême sur de plus longues périodes. Par exemple, Anderson et Bell² ont indiqué que les risques de mortalité dont la cause est d'origine non accidentelle ont augmenté d'environ 4 % pendant des vagues de chaleur survenues dans 43 villes aux États-Unis de 1987 à 2000, et Peng *et al.*⁶ ont observé une augmentation de 7,5 % de la mortalité quotidienne dont la cause est d'origine non accidentelle au cours de vagues de chaleur à Chicago, de 1987 à 2005. À l'aide des moyennes pondérées en fonction de la population des *EHRR* (selon les données du Recensement de 2021), cette étude révèle que les risques de mortalité quotidienne ont augmenté d'environ 4,2 % pour les causes d'origine non accidentelle, de 3,8 % pour les causes d'origine cardiovasculaire, et de 11,7 % pour les causes d'origine respiratoire pendant les événements de chaleur extrême.

Description de l'hétérogénéité des répercussions de la chaleur extrême

Les résultats de cette étude montrent que les répercussions les plus considérables des événements de chaleur extrême ont été enregistrées à Montréal et à Toronto, et que, à quelques exceptions près, les risques de mortalité pendant les événements de chaleur extrême dans les 10 autres villes n'étaient pas beaucoup différents des moyennes quotidiennes (figure 1; tableau 2). Une explication de cette hétérogénéité entre les villes peut être la concentration des logements locatifs et les niveaux plus faibles d'accès à la climatisation chez les locataires, par rapport aux propriétaires⁴⁰. Des analyses exploratoires indiquent que les *EHRR* globaux relativement aux trois résultats de mortalité sont en corrélation directe avec la proportion de ménages locataires (coefficient de corrélation de Pearson, $r = 0,24$ pour les causes d'origine non accidentelle, 0,63 pour les causes d'origine cardiovasculaire, et 0,57 pour les causes d'origine respiratoire [voir l'annexe 4]). Parmi les 12 villes analysées dans le cadre de cette étude, Montréal et Toronto avaient deux des trois proportions les plus importantes de ménages locataires (61 % et 48 %, respectivement, selon le Recensement de 2021). D'après une recherche récente, les personnes vivant dans des logements locatifs sont beaucoup moins susceptibles d'avoir la climatisation par rapport aux moyennes provinciales au Québec (49 % par rapport à une moyenne de 58 %), en Ontario (71 % par rapport à 85 %) et en Colombie-Britannique (24 % par rapport à 32 %)⁴¹.

Une deuxième explication possible de l'hétérogénéité des *EHRR* entre les villes et de la surmortalité porte sur le lien entre les conditions météorologiques historiques et l'acclimatation ou l'adaptation. Une recherche antérieure a laissé entendre que les personnes vivant dans des régions où les températures ambiantes sont plus basses et où les événements

de chaleur extrême sont moins fréquents peuvent avoir des niveaux physiques plus faibles d'acclimatation et disposer de mesures d'adaptation insuffisantes nécessaires pour faire face à la chaleur extrême (p. ex. la climatisation)^{22,42}. À l'appui de cette interprétation, dans ces 12 villes, on a observé des corrélations négatives entre le nombre moyen de journées de chaleur extrême par année (tableau 1) et les *EHRR* globaux de mortalité dont les causes sont d'origine non accidentelle (coefficient de corrélation de Pearson, $r = -0,61$), cardiovasculaire (-0,68) et respiratoire (-0,33). Surrey et Vancouver, en particulier, ont enregistré le moins d'événements de chaleur extrême (tableau 1), mais présentaient les *EHRR* les plus élevés attribuables à des causes d'origine non accidentelle et cardiovasculaire.

Limites et recherches futures

L'une des limites de cette étude concerne le fait que les modèles reposent sur les associations entre la température, les événements de chaleur extrême et la mortalité n'ont pas changé au cours de la période à l'étude; il est donc possible que ces associations se soient affaiblies ou renforcées au fil du temps, par exemple, en raison de l'augmentation de l'adoption de mesures d'adaptation et des températures plus élevées et des événements plus longs observés au cours des dernières années^{17,20}. Deuxièmement, la présente étude a eu recours aux données sur la mortalité, la température et la pollution atmosphérique mesurées au niveau de la ville et n'a pas tenu compte des variations locales entre les villes. Troisièmement, la présente étude a porté seulement sur deux groupes d'âge en raison de la rareté des décès pour les causes d'origine respiratoire et les causes d'origine cardiovasculaire dans les villes plus petites (tableau 1), mais il est probable que les risques de mortalité varient en fonction de groupes d'âge plus précis. Quatrièmement, seulement les 12 plus grandes villes du Canada ont été analysées afin de s'assurer de compter un nombre de décès quotidiens suffisants au cours de la période à l'étude, et, de ce fait, il n'est pas évident de savoir de quelle façon les résultats de la présente étude peuvent s'appliquer aux villes plus petites et aux collectivités rurales. Cinquièmement, la présente étude a adopté une définition d'événement de chaleur extrême fondée sur la politique, mais restrictive, qui pourrait ne pas tenir compte de nombreuses journées chaudes et humides inférieures aux seuils proposés, mais peut également être associée aux risques élevés de mortalité⁴³.

Afin de mieux comprendre les répercussions de la chaleur extrême sur la santé au Canada, les recherches futures pourraient envisager d'étendre l'analyse exploratoire des corrélations effectuée dans la présente étude permettant de déterminer les *HRMR* ou les *EHRR* propres à la ville en fonction des caractéristiques de la ville, comme la prévalence du conditionnement et la présence ou le type d'initiatives d'adaptation au changement climatique⁴⁰. De plus, des travaux futurs pourraient porter sur d'autres résultats en matière de santé associés à la chaleur (p. ex. les hospitalisations) ou utiliser des

modèles de recherche appariés ou croisés appropriés pour analyser des causes de décès plus rares (p. ex. les troubles mentaux ou les empoisonnements liés à la consommation de substances). Enfin, les analyses spatiotemporelles de cas croisés et de petits domaines⁴⁴ pourraient permettre de mieux comprendre de quelle façon les risques de mortalité lors

d'événements de chaleur extrême sont modifiés par les caractéristiques sociodémographiques individuelles et locales (p. ex. le sexe) et par les caractéristiques de l'environnement bâti, ainsi que par la présence d'initiatives d'adaptation au niveau local, comme les centres de rafraîchissement.

Annexe

Annexe 1

Seuils d'humidité et de température utilisés pour définir les événements de chaleur extrême

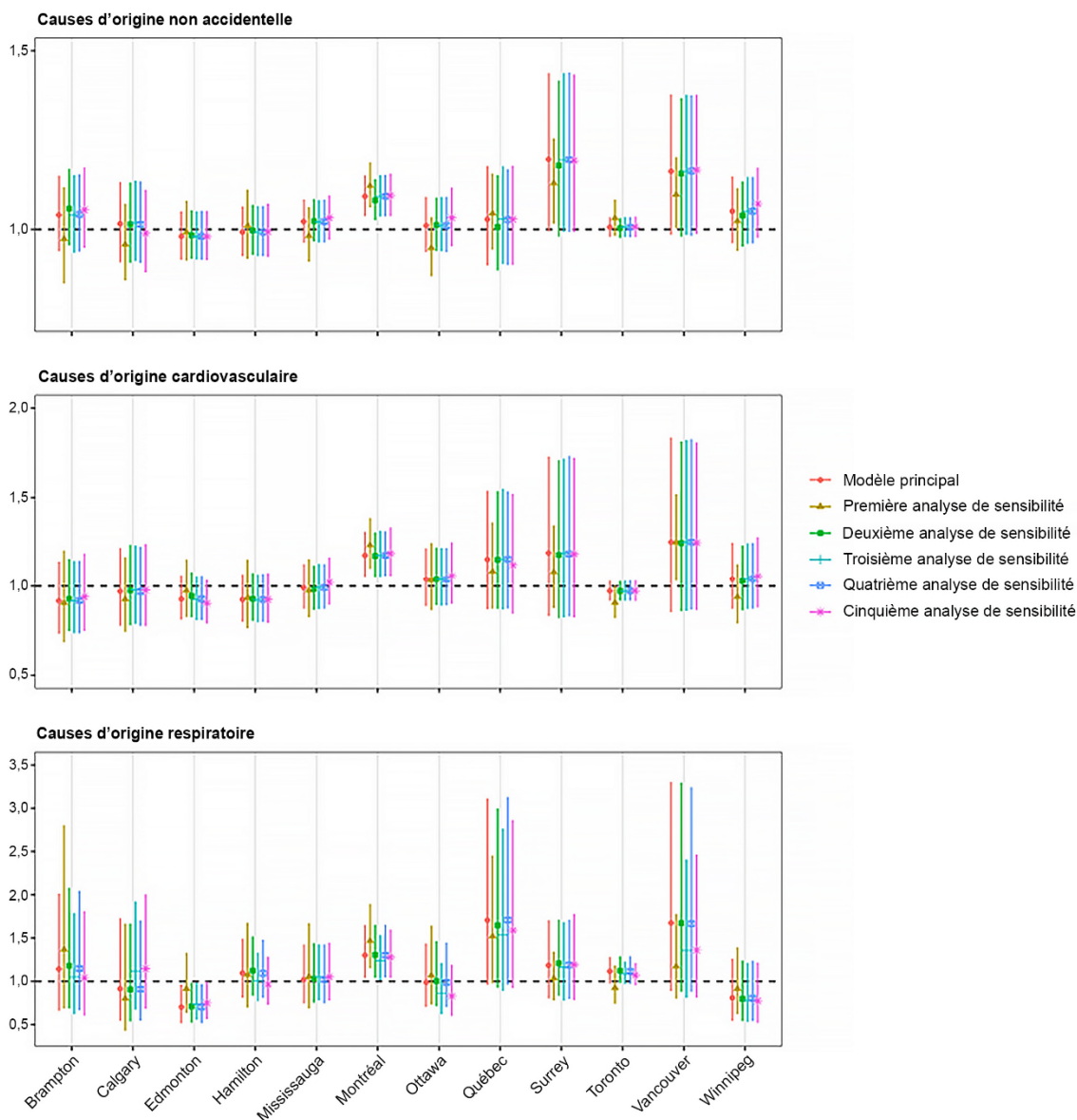
Ville	Critères d'avertissement de chaleur d'Environnement et Changement climatique Canada	95 ^e centile $T^{\max}$ au cours de la période à l'étude
Brampton	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 31^{\circ}\text{C}$ et de $T^{\min} \geq 21^{\circ}\text{C}$ ou de $H^{\max} \geq 40$	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$
Calgary	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 29^{\circ}\text{C}$ et de $T^{\min} \geq 14^{\circ}\text{C}$	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 31^{\circ}\text{C}$
Edmonton	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 29^{\circ}\text{C}$ et de $T^{\min} \geq 14^{\circ}\text{C}$	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 31^{\circ}\text{C}$
Hamilton	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 31^{\circ}\text{C}$ et de $T^{\min} \geq 21^{\circ}\text{C}$ ou de $H^{\max} \geq 40$	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$
Mississauga	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 31^{\circ}\text{C}$ et de $T^{\min} \geq 21^{\circ}\text{C}$ ou de $H^{\max} \geq 40$	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$
Montréal	Une heure de $T^{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ et de $H^{\max} \geq 40$ ou de $T^{\max} \geq 40^{\circ}\text{C}$	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 32^{\circ}\text{C}$
Ottawa	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 31^{\circ}\text{C}$ et de $T^{\min} \geq 21^{\circ}\text{C}$ ou de $H^{\max} \geq 40$	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$
Québec	Une heure de $T^{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ et de $H^{\max} \geq 40$ ou de $T^{\max} \geq 40^{\circ}\text{C}$	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 31^{\circ}\text{C}$
Surrey	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$ et de $T^{\min} \geq 17^{\circ}\text{C}$	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 34^{\circ}\text{C}$
Toronto	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 31^{\circ}\text{C}$ et de $T^{\min} \geq 21^{\circ}\text{C}$ ou de $H^{\max} \geq 40$	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 35^{\circ}\text{C}$
Vancouver	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 29^{\circ}\text{C}$ et de $T^{\min} \geq 16^{\circ}\text{C}$	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 36^{\circ}\text{C}$
Winnipeg	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 32^{\circ}\text{C}$ et de $T^{\min} \geq 16^{\circ}\text{C}$	Deux journées consécutives ou plus de $T^{\max} \geq 37^{\circ}\text{C}$

Notes : $T^{\max}$ indique la température quotidienne maximale. $T^{\min}$ indique la température quotidienne minimale. $H^{\max}$ indique l'humidex quotidien maximal.

Sources : Données historiques d'Environnement et Changement climatique Canada, 2000 à 2020; critères d'alertes météo publiques d'Environnement et Changement climatique Canada.

Annexe 2

Résultats de l'analyse de sensibilité montrant les risques relatifs liés à la chaleur extrême



Notes : Les intervalles d'incertitude de 95 % sont représentés par des lignes verticales.

Première analyse de sensibilité : Les événements de chaleur extrême sont définis comme deux journées ou plus avec des températures maximales égales ou supérieures au 95^e centile des températures maximales quotidiennes propres à la ville pendant les mois d'été de la période à l'étude.

Deuxième analyse de sensibilité : La température maximale au cours de la journée *i* est supprimée des modèles.

Troisième analyse de sensibilité : La température maximale moyenne des trois journées précédant la journée *i* est supprimée des modèles.

Quatrième analyse de sensibilité : Les coefficients de régression pour les deux variables de température sont précisés sous forme des splines cubiques pénalisées.

Cinquième analyse de sensibilité : La période à l'étude est de 2000 à 2019.

Sources : Base canadienne de données de l'état civil – Décès; données historiques d'Environnement et Changement climatique Canada, 2000 à 2020; critères d'alertes météo publiques d'Environnement et Changement climatique Canada.

Annexe 3

Risques relatifs liés à la chaleur extrême

Ville et groupe d'âge	Causes d'origine non accidentelle			Causes d'origine cardiovasculaire			Causes d'origine respiratoire		
	moyenne	centile 2,5	centile 97,5	moyenne	centile 2,5	centile 97,5	moyenne	centile 2,5	centile 97,5
Brampton									
Moins de 65 ans	1,12	0,95	1,31	0,99	0,67	1,40	1,32	0,46	2,98
65 ans et plus	0,96	0,86	1,07	0,85	0,69	1,03	0,97	0,65	1,38
Général (tous les âges)	1,04	0,94	1,15	0,92	0,73	1,14	1,14	0,66	2,02
Calgary									
Moins de 65 ans	1,07	0,89	1,28	0,97	0,62	1,44	0,74	0,14	2,35
65 ans et plus	0,96	0,86	1,06	0,97	0,82	1,15	1,09	0,77	1,48
Général (tous les âges)	1,02	0,91	1,13	0,97	0,78	1,22	0,91	0,54	1,73
Edmonton									
Moins de 65 ans	0,95	0,84	1,06	0,84	0,64	1,08	0,66	0,34	1,16
65 ans et plus	1,01	0,95	1,08	1,02	0,91	1,13	0,75	0,59	0,94
Général (tous les âges)	0,98	0,92	1,05	0,93	0,81	1,06	0,70	0,52	0,97
Hamilton									
Moins de 65 ans	0,99	0,87	1,12	0,93	0,71	1,20	1,30	0,77	2,06
65 ans et plus	1,00	0,93	1,06	0,91	0,81	1,03	0,89	0,71	1,08
Général (tous les âges)	0,99	0,93	1,06	0,92	0,80	1,07	1,09	0,81	1,49
Mississauga									
Moins de 65 ans	1,04	0,94	1,14	1,00	0,80	1,26	1,04	0,55	1,80
65 ans et plus	1,01	0,95	1,07	0,98	0,88	1,08	1,00	0,80	1,22
Général (tous les âges)	1,02	0,96	1,08	0,99	0,88	1,13	1,02	0,74	1,43
Montréal									
Moins de 65 ans	1,05	0,95	1,15	1,16	0,94	1,40	1,33	0,84	2,00
65 ans et plus	1,14	1,09	1,19	1,19	1,10	1,29	1,28	1,11	1,47
Général (tous les âges)	1,09	1,04	1,15	1,18	1,05	1,31	1,30	1,04	1,65
Ottawa									
Moins de 65 ans	0,99	0,85	1,13	1,02	0,75	1,35	0,94	0,43	1,80
65 ans et plus	1,04	0,97	1,11	1,06	0,94	1,19	1,03	0,82	1,29
Général (tous les âges)	1,01	0,94	1,09	1,04	0,89	1,21	0,99	0,70	1,44
Québec									
Moins de 65 ans	0,94	0,72	1,21	1,20	0,69	1,92	2,03	0,66	4,78
65 ans et plus	1,12	1,01	1,24	1,11	0,90	1,35	1,37	0,98	1,87
Général (tous les âges)	1,03	0,90	1,18	1,15	0,87	1,54	1,71	0,96	3,12
Surrey									
Moins de 65 ans	1,12	0,80	1,55	1,06	0,47	2,09	0,88	0,50	1,42
65 ans et plus	1,27	1,07	1,50	1,31	0,98	1,72	1,49	0,87	2,40
Général (tous les âges)	1,20	0,99	1,44	1,19	0,83	1,73	1,19	0,80	1,71
Toronto									
Moins de 65 ans	0,97	0,93	1,02	0,92	0,82	1,03	1,13	0,86	1,44
65 ans et plus	1,04	1,01	1,07	1,03	0,98	1,07	1,10	1,01	1,20
Général (tous les âges)	1,01	0,98	1,03	0,97	0,92	1,03	1,12	0,98	1,28
Vancouver									
Moins de 65 ans	1,26	0,94	1,65	1,43	0,72	2,59	1,93	0,53	5,13
65 ans et plus	1,07	0,92	1,23	1,06	0,81	1,37	1,41	0,93	2,04
Général (tous les âges)	1,16	0,99	1,38	1,25	0,85	1,84	1,68	0,89	3,31
Winnipeg									
Moins de 65 ans	1,14	0,98	1,32	1,17	0,86	1,56	0,72	0,27	1,59
65 ans et plus	0,96	0,89	1,04	0,92	0,80	1,05	0,90	0,68	1,16
Général (tous les âges)	1,05	0,96	1,15	1,04	0,87	1,25	0,81	0,54	1,27

Sources : Base canadienne de données de l'état civil – Décès; données historiques d'Environnement et Changement climatique Canada, 2000 à 2020; critères d'alertes météo publiques d'Environnement et Changement climatique Canada.

Annexe 4

Corrélations entre les risques relatifs de chaleur extrême au niveau de la ville, le pourcentage de ménages locataires et le nombre moyen d'événements de chaleur extrême par année

Type de mortalité et groupe d'âge	pourcentage de ménages locataires	nombre moyen d'événements de chaleur extrême
Origine non accidentelle		
Moins de 65 ans	0,02	-0,50
65 ans et plus	0,36	-0,39
Général	0,24	-0,61
Origine cardiovasculaire		
Moins de 65 ans	0,57	-0,63
65 ans et plus	0,44	-0,43
Général	0,63	-0,68
Origine respiratoire		
Moins de 65 ans	0,53	-0,18
65 ans et plus	0,57	-0,54
Général	0,57	-0,33

Sources : Base canadienne de données de l'état civil – Décès; données historiques d'Environnement et Changement climatique Canada, 2000 à 2020; critères d'alertes météo publiques d'Environnement et Changement climatique Canada; profils des subdivisions du Recensement de la population de Statistique Canada, 2021.

Références

- Guo, Y., Gasparini, A., Armstrong, B.G., Tawatsupa, B., Tobias, A., Lavigne, E. et al. (2017). Heat wave and mortality: A multicountry, multicomunity study. *Environmental Health Perspectives*, 125(8), 087006.
- Anderson, B.G., Bell, M.L. (2009). Weather-related mortality: How heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology*, 20(2), 205-213.
- Anderson, G.B., Bell, M.L. (2011). Heat waves in the United States: Mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities. *Environmental Health Perspectives*, 119(2), 210-218.
- Smoyer-Tomic, K.E., Rainham, D.G.C. et Hewko, J.N. (2000). Heat-stress-related mortality in five cities in Southern Ontario: 1980-1996. *International Journal of Biometeorology*, 44, 190-197.
- Fouillet, A., Rey, G., Laurent, F., Pavillon, G., Bellec, S., Guihenneuc-Jouyau, C., Clavel, J., Jougla, E. et Hemon, D. (2006). Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 80, 16-24.
- Peng, R.D., Bobb, J.F., Tebaldi, C., McDaniel, L., Bell, M.L. et Dominici, F. (2011). Toward a quantitative estimate of future heat wave mortality under global climate change. *Environmental Health Perspectives*, 119(5), 701-706.
- Isaksen, T.B., Fenske, R.A., Hom, E.K., Ren, Y., Lyons, H. et Yost, M.G. (2016). Increased mortality associated with extreme-heat exposure in King County, Washington, 1980-2010. *International Journal of Biometeorology*, 60(1), 85-98.
- Tan, J., Zheng, Y., Song, G., Kalkstein, L.S., Kalkstein, A.J. et Tang, X. (2007). Heat wave impacts on mortality in Shanghai, 1998 and 2003. *International Journal of Biometeorology*, 51, 193-200.
- Pengelly, L.D., Campbell, M.E., Cheng, C.S., Fu, C. et Gingrich, S.E., Macfarlane, R. (2007). Anatomy of heat waves and mortality in Toronto: Lessons for public health protection. *La revue canadienne de santé publique*, 98(5), 364-368.
- Widerynski, S., Schramm, P., Conlon, K., Noe, R., Grossman, E., Hawkins, M., Nayak, S., Roach et M., Hiltz, A.S. (2017). The use of cooling centers to prevent heat-related illness: Summary of evidence and strategies for implementation. *National Center for Environmental Health, Centers for Disease Control*.
- Casati, B., Tahouti, A., Chaumont, D. (2013). Regional climate projections of extreme heat events in nine pilot Canadian communities for public health planning. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 52(12), 2669-2698.
- Stratégie Nationale d'Adaptation du Canada [en ligne]. Gouvernement du Canada. (2023). <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/strategie-nationale-adaptation/strategie-complete.html> (consulté le 7 juillet 2023).
- Sorensen, C. et Hess, J. (2022). Treatment and prevention of heat-related illness. *New England Journal of Medicine*, 387, 1404-1413.
- Liu, J., Varghese, B.M., Hansen, A., Zhang, Y., Driscoll, T., Morgan, G., Dear, K., Gourley, M., Capon, A. et Bi, P. (2022). Heat exposure and cardiovascular health outcomes: A meta-analysis. *The Lancet Planetary Health*, 6(6), E484-95.
- Les impacts sur la santé de la pollution de l'air au Canada : Estimation de la morbidité et des décès prématurés – rapport 2021 [en ligne]. (2021). Santé Canada. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/impacts-sante-pollution-air-2021.html> (consulté le 24 mars 2023).
- Kosatsky, T., Henderson, S.B. et Pollock, S.L. (2012). Shift in mortality during a hot weather event in Vancouver, British Columbia: Rapid assessment with case-only analysis. *American Journal of Public Health*, 102(12), 2367-2371.
- Bustanza, R., Lebel, G., Gosselin, P., Belanger, D., Chebana, F. (2013). Health impacts of the July 2010 heat wave in Quebec, Canada. *BMC Public Health*, 13, 56.
- Henderson, S.B., Mclean, K.E., Lee, M.J. et Kosatsky, T. (2022). Analysis of community deaths during the catastrophic 2021 heat dome. *Environmental Epidemiology*, 6, e189.
- Statistique Canada. (2021). Profil du recensement, Recensement de la population de 2021. Repéré le 11 octobre 2021. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F>
- Benmarhnia, T., Bailey, Z., Kaiser, D., Auger, N., King, N. et Kaufman, J.S. (2016). A difference-in-differences approach to assess the effect of a heat action plan on heat-related mortality, and differences in effectiveness according to sex, age, and socioeconomic status (Montreal, Quebec). *Environmental Health Perspectives*, 124(11), 1694-1699.
- Rainham, D.G. et Smoyer-Tomic, K. (2003). The role of air pollution in the relationship between a heat stress index and human mortality in Toronto. *Environmental Research*, 93(1), 9-19.
- Henderson, S.B., Wan, V. et Kosatsky, T. (2013). Differences in heat related mortality across four ecological regions with diverse urban, rural, and remote populations in British Columbia, Canada. *Health and Place*, 23, 48-53.
- Dioaconescu, E., Sankare, H., Chow, K., Murdock, T.Q. et Cannon, A.J. (2023). A short note on the use of daily climate data to calculate humidex heat-stress indices. *International Journal of Climatology*, 43, 837-849.
- Aléas météorologiques de la saison chaude [en ligne]. (2019). *Environnement et Changement climatique Canada*. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/meteo-saisonniere-dangereuse/aleas-meteorologiques-saison-chaude.html> (consulté le 8 juin 2023).

25. Programme du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique [en ligne]. (2022) *Environnement et Changement climatique Canada*. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/reseau-surveillance-donnees/programme-national-pollution-atmospherique.html> (consulté le 7 juillet 2023).
26. Vanos, J.K., Cakmak, S., Kalkstein, L.S. et Yagouti, A. (2014). Association of weather and air pollution interactions on mortality in 12 Canadian cities. *Air Quality, Atmosphere, & Health*, 8, 307-320.
27. Benmarhnia, T., Sottile, M.-F., Plante, C., Brand, A., Casati, B., Fournier, M. et Smargiassi, A. (2014). Variability in temperature-related mortality projections under climate change. *Environmental Health Perspectives*, 122, 1293-1298.
28. Critères d'alertes météo publiques [en ligne]. (2020). *Environnement et Changement climatique Canada*. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/types-previsions-meteorologiques-utilisation/publiques/criteres-alertes-meteo.html> (consulté le 21 février 2023).
29. Curriero, F.C., Heiner, K.S., Samet, J.M., Zeger, S.L., Strug, L., Patz, J.A. (2002). Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. *American Journal of Epidemiology*, 155, 80-87.
30. Hajat, S., Armstrong, B., Baccini, M., Biggeri, A., Bisanti, L. et Rosso, A. (2006). Impact of high temperatures on mortality: Is there an added heat wave effect. *Epidemiology*, 632-638.
31. Doyon, B., Belanger, D. et Gosselin, P. The potential impact of climate change on annual and seasonal mortality for three cities in Quebec, Canada. (2008). *International Journal of Health Geographics*, 7, 23.
32. Zanobetti, A. et Schwartz, J. (2008). Temperature and mortality in nine US cities. *Epidemiology*, 19(4), 563-570.
33. Kaiser, R., Le Tertre, A., Schwartz, J., Gotway, C.A., Daley, W.R. et Rubin, C.H. (2007). The effect of the 1995 heat wave in Chicago on all-cause and cause-specific mortality. *American Journal of Public Health*, 97(Supplement 1), S158-S162.
34. Wood SN. Thin plate regression splines. (2003). *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, 65(1), 95-114.
35. Wood, S.N. (2011). Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, 73(1), 3-36.
36. R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. Version 4.1.3 [logiciel]. <https://www.r-project.org/>.
37. McElroy, S., Schwarz, L., Green, H., Corcos, I., Guirguis, K., Gershunov, A. et Benmarhnia, T. (2020). Defining heat waves and extreme heat events using sub-regional meteorological data to maximize benefits of early warning systems to population health. *Science of the Total Environment*, 721, 137678.
38. Goldberg, M.S., Gasparrini, A., Armstrong, B. et Valois, M.-F. (2011). The short-term influence of temperature on daily mortality in the temperate climate of Montreal, Canada. *Environmental Research*, 111(6), 853-860.
39. Price, K., Perron, S. et King, N. (2013). Implementation of the Montreal Heat Response Plan during the 2010 heat wave. *La revue canadienne de santé publique*, 104, e96-e100.
40. Sera, F., Hashizume, M., Honda, Y., Lavigne, E., Schwartz, J., Zanobetti, A., Tobias, A., Iniguez, C., Vicedo-Cabrera, A.M., Blangiardo, M., Armstrong, B. et Gasparrini, A. (2020). Air conditioning and heat-related mortality: A multi-country longitudinal study. *Epidemiology*, 31(6), 779-787.
41. Quick, M. et Tjepkema, M. (2023). Taux d'utilisation de la climatisation résidentielle au Canada. *Rapports sur la santé*, 34(7), 19-26.
42. Martin, S.L., Cakmak, S., Hebbem, C.A., Avramescu, M.-L. et Tremblay, N. (2011). Climate change and future temperature-related mortality in 15 Canadian cities. *International Journal of Biometeorology*, 56, 605-619.
43. Hajat, S., Sheridan, S. et Allen, M.J. (2009). Heat-health warning systems: A comparison of the predictive capacity of different approaches to identifying dangerously hot days. *American Journal of Public Health*, 100(6), 1137-1144.
44. Gasparrini, A., Masselot, P., Scortichini, M., Schneider, R., Mistry, M.N., Sera, F., Macintyre, H.L., Phalkey et R., Vicedo-Cabrera, A.M. (2022). Small-area assessment of temperature-related mortality risks in England and Wales: A case time series analysis. *The Lancet Planetary Health*, 6(7), e557-e564.