

Université de Sherbrooke

Caractérisation de la vulnérabilité à la chaleur des aînés du Sud du Québec (Estrie, Montréal, Laval) : une analyse secondaire des données de l'étude NuAge.

Par
Émélie Laverdière
Programmes de sciences cliniques

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences (M. Sc.) en sciences cliniques avec spécialisation en santé communautaire.

Sherbrooke, Québec, Canada
Avril 2016

Membres du jury d'évaluation

Mélissa Généreux, Co-directrice, Département des sciences de la santé communautaire, Faculté de médecine et des sciences de la santé de l'Université de Sherbrooke.

Hélène Payette, Co-directrice, Département des sciences de la santé communautaire, Faculté de médecine et des sciences de la santé de l'Université de Sherbrooke.

Évelyne Cambron-Goulet, évaluatrice interne du jury, Département des sciences de la santé communautaire, Faculté de médecine et des sciences de la santé de l'Université de Sherbrooke.

Pierre Gosselin, évaluateur externe du jury, Département de médecine sociale et préventive, Faculté de médecine et l'Université Laval.

RÉSUMÉ

Caractérisation de la vulnérabilité à la chaleur des aînés du Sud du Québec (Estrie, Montréal, Laval) : une analyse secondaire des données de l'étude NuAge.

Par
Émélie Laverdière
Programmes de sciences cliniques

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences (M. Sc.) en sciences cliniques avec spécialisation en santé communautaire, Faculté de médecine et des sciences de la santé, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1H 5N4

L'incidence d'événements liés à la chaleur (ÉLC) augmentera en raison des changements climatiques, du vieillissement et de l'urbanisation. Cette étude vise à dresser le portrait de la vulnérabilité des aînés aux ÉLC, à déterminer leur incidence et leurs déterminants ainsi qu'à construire un indice de vulnérabilité à la chaleur des personnes âgées (IVCPA). Une étude de cohorte prospective a été réalisée chez des aînés vivant en communauté dans les régions de l'Estrie, de Montréal et de Laval enrôlés dans l'« Étude longitudinale québécoise sur la nutrition comme déterminant d'un vieillissement réussi ». La prévalence des facteurs de risque ou de protection de nature médicale, sociale et environnementale, préalablement identifiés dans les lignes directrices de Santé Canada, a été examinée auprès de 1679 personnes en 2005-2006. Les données sur les événements mesurés sur une période de cinq années (2006 à 2010) étaient disponibles pour 1233 participants et provenaient de la Régie de l'Assurance Maladie du Québec et de Med-Echo. Ils ont été considérés comme liés à la chaleur s'ils survenaient un jour de température élevée (JTÉ; $\geq 30^{\circ}\text{C}$) du 15 mai au 15 septembre (2006 à 2010). Des analyses de régression logistique multivariées ont permis d'examiner les associations entre les facteurs, l'IVCPA et deux événements : 1) visite à l'urgence liée à la chaleur (VULC) et 2) tout ÉLC. Les résultats montrent que la vulnérabilité des aînés aux ÉLC est élevée et diffère selon les régions. Les visites à l'urgence, les hospitalisations et les décès sont, respectivement, 2,6, 1,7 et 1,3 fois plus fréquents les JTÉ que les jours de température normale. Une autonomie et un revenu faibles sont associés à un risque accru de VULC (rapport de cotes ajusté (RCA)=2,7; intervalle de confiance (IC) à 95%: 1,1-5,4 et RCA=3,2; IC à 95%: 1,1-8,5 respectivement) et d'ÉLC (RCA=2,5; IC à 95%: 1,1-5,6 et RCA=2,8; IC à 95%: 1,1-7,6 respectivement). À l'inverse, une participation sociale élevée est associée à une diminution marquée du risque de VULC (RCA=0,05; IC à 95%: 0,01-0,2) et d'ÉLC (RCA=0,04; IC à 95%: 0,01-0,2). Les aînés présentant simultanément six facteurs augmentant leur vulnérabilité étaient sept fois plus à risque de VULC (rapport de cotes (RC)=7,4; IC à 95%: 1,5-36,2) ou d'ÉLC (RC=7,8; IC à 95%: 1,6-37,2) comparativement à ceux avec aucun ou un seul facteur. L'identification des aînés les plus vulnérables permettra de développer des stratégies d'intervention clinique et communautaire davantage ciblées.

Mots clefs : chaleur, aînés, visites à l'urgence, hospitalisations, facteurs de risque

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ABRÉVIATIONS	V
INTRODUCTION	1
RECENSION DES ÉCRITS	4
LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	4
RISQUES ASSOCIÉS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES	5
DÉFINITION DES TERMES LIÉS À LA CHALEUR	8
MÉCANISMES DE RÉGULATION DE LA TEMPÉRATURE CORPORELLE	11
Mécanismes de régulation de la température corporelle lors de conditions normales et lors d'épisodes de chaleur	11
Acclimatation à la chaleur	13
Mécanismes de régulation de la température corporelle chez les aînés	14
TROUBLES DE SANTÉ LIÉS À LA CHALEUR	15
MORBIDITÉ ET MORTALITÉ LORS D'ÉPISODES DE CHALEUR À L'ÉCHELLE INTERNATIONALE	16
États-Unis	17
Australie	20
Europe	21
Asie	23
Caractéristiques des épisodes de chaleur influençant la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur à l'échelle internationale	24
MORBIDITÉ ET MORTALITÉ OBSERVÉES LORS D'ÉPISODES DE CHALEUR AU CANADA ET AU QUÉBEC	25
FACTEURS ASSOCIÉS À LA SURVENUE D'UN ÉVÉNEMENT MORBIDE OU FATAL LIÉ À LA CHALEUR	27
Facteurs de risque et de protection de décès liés à la chaleur dans la population générale	28
Facteurs de risque et de protection de décès liés à la chaleur chez les personnes âgées	30
Facteurs de risque et de protection d'événements morbides liés à la chaleur dans la population générale	31
Facteurs de risque et de protection d'événements morbides liés à la chaleur chez la personne âgée	32
Impact de la chaleur au Québec	33
VULNÉRABILITÉ CUMULATIVE À LA CHALEUR	35

SYNTHÈSE ET ANALYSE CRITIQUE DES ÉCRITS SCIENTIFIQUES	37
CADRE CONCEPTUEL	41
ÉVÉNEMENTS LIÉS À LA CHALEUR EXAMINÉS	41
PERTINENCE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	42
ARTICLE 1: Prevalence of risk and protective factors associated with heat-related outcomes in Southern Quebec: A secondary analysis of the NuAge study	44
ARTICLE 2: Risk and protective factors for 5-years heat-related events among older adults of Southern Quebec (Canada). The NuAge study.	61
DISCUSSION	83
PRINCIPAUX CONSTATS DE L'ÉTUDE	83
ANALYSE CRITIQUE DES RÉSULTATS	84
Reconnaisances des troubles de santé liés à la chaleur	84
Incidence des événements liés à la chaleur	85
Facteurs médicaux de vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur	88
Facteurs sociaux de vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur	95
Facteurs environnementaux de vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur	96
Facteurs de protection aux événements morbides ou fatals liés la chaleur	98
Vulnérabilité cumulative à la chaleur	100
FORCES ET LIMITES DE L'ÉTUDE	104
Forces de l'étude	104
Limites de l'étude	105
RETOMBÉES PRATIQUES ET SCIENTIFIQUES DE L'ÉTUDE.....	108
PISTES DE RECHERCHE	109
CONCLUSION	111
REMERCIEMENTS	112
LISTE DES PUBLICATIONS	113

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ASSS	Agence de la santé et des services sociaux
AVQ	Activité de la vie quotidienne
DSP	Directions de santé publique
ÉLC	Événements liés à la chaleur
ESCC	Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes
Étude NuAge	Étude longitudinale québécoise sur la nutrition comme déterminant d'un vieillissement réussi
GIEC	Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat
IC	Intervalle de confiance
ICU	Îlots de chaleur urbain
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IPCC	<i>Intergovernmental panel on climate change</i>
IVC	Indice de vulnérabilité à la chaleur
IVCPA	Indice de vulnérabilité à la chaleur des personnes âgées
MLC	Maladie liée à la chaleur
RC	Rapport de cotes
RCA	Rapport de cotes ajusté
RCP	<i>Representative Concentration Pathways</i>
RSS	Région sociosanitaire
RSSS	Réseau de la santé et des services sociaux
SNC	Système nerveux central
VULC	Visite à l'urgence liée à la chaleur

INTRODUCTION

En raison des changements climatiques, on prévoit au Québec comme ailleurs un accroissement des températures moyennes ainsi que du nombre, de l'intensité et de la durée des épisodes de chaleur, ce qui pourrait résulter en une augmentation de la survenue des troubles de santé liés à la chaleur pour les décennies à venir (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat [GIEC], 2014). La chaleur est un enjeu majeur de santé publique en raison de ses effets importants sur la santé tels que l'épuisement ou le coup de chaleur ou encore l'aggravation de maladies chroniques préexistantes. Ces effets mènent souvent à la survenue d'évènements morbides, entraînant des visites à l'urgence, des hospitalisations et parfois même la mort (Santé Canada, 2011). La vulnérabilité de la population à la chaleur au Québec est appelée à croître en raison des changements climatiques mais également en raison de deux facteurs démographiques majeurs, plus précisément le vieillissement de la population et l'urbanisation. En effet, la proportion d'aînés dans l'ensemble de la population québécoise est appelée à croître de manière significative au cours des prochaines années (Institut de la statistique du Québec, 2015). Ces derniers sont particulièrement vulnérables à la chaleur, notamment en raison de leur fragilité liée aux maladies chroniques, à leur perte d'autonomie et à leur prise de nombreux médicaments ainsi qu'en raison de leur capacité réduite d'adaptation à la chaleur (Institut national de prévention et d'éducation pour la santé [INPES], 2007; Kenny *et al.*, 2010). Les décès excédentaires durant les épisodes de chaleur des saisons estivales des dernières années au Québec ont d'ailleurs été observés principalement chez les personnes âgées (Bustinza *et al.*, 2013; Lebel et Bustinza, 2013; Bustinza et Lebel, 2012; Lebel et Bustinza, 2011).

De plus, une population croissante d'aînés vit en milieu urbain au Québec (Société Canadienne d'hypothèques et de logement, 2014). En augmentant les chances de résider dans des îlots de chaleur urbain (ICU), ce phénomène d'urbanisation contribue à accroître la probabilité d'un individu d'être exposé à des températures plus élevées et, par conséquent, sa vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur. Il a

d'ailleurs été démontré que l'étendue des zones géographiques à risque augmentera dramatiquement au Québec au cours des décennies à venir, plus particulièrement à l'extrême Sud du Québec dans les communautés hautement urbanisées de diverses régions, incluant de grandes villes telles que Montréal mais aussi des villes de taille moyenne telles que Sherbrooke (Vescovi *et al.*, 2005).

Puisque les aînés québécois sont particulièrement à risque de souffrir de la chaleur, une caractérisation plus approfondie de la vulnérabilité de ce sous-groupe face à ce phénomène préoccupant s'avère nécessaire. Les facteurs de risque et de protection influençant la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur des individus sont multiples et ont été bien décrits dans le document de Santé Canada intitulé : « Lignes directrices à l'intention des travailleurs de la santé pendant les périodes de chaleur accablante : un guide technique » (Santé Canada, 2011). Bien que plusieurs de ces facteurs aient déjà été identifiés dans les écrits scientifiques, on ne connaît pas leur importance relative les uns par rapport aux autres dans un contexte québécois. L'examen simultané de l'influence des différents facteurs de risque et de protection sur le risque de souffrir de troubles de santé liés à la chaleur chez les aînés québécois permettrait aux intervenants du Réseau de la santé et des services sociaux (RSSS) d'intervenir plus activement auprès de la clientèle d'aînés plus à risque. D'une part, afin de protéger les populations vulnérables aux troubles de santé liés à la chaleur, un travail intersectoriel de la santé publique en collaboration avec des partenaires de d'autres domaines d'expertises (p. ex. : urbanistes) peut être réalisé en agissant en amont sur certains facteurs sociaux (p. ex. : participation sociale) ou environnementaux (p. ex. : aménagement urbain) et ainsi faciliter l'adaptation aux périodes de chaleur. D'autre part, d'autres facteurs de risque liés à l'état de santé des individus, notamment les maladies chroniques préexistantes et la prise de médication qui y est associée, sont moins facilement modifiables mais pourraient tout de même avoir un impact majeur sur la survenue des troubles de santé liés à la chaleur. Une meilleure connaissance des facteurs influençant le risque de troubles de santé liés à la chaleur, pouvant mener à des événements morbides ou fatals liés à la chaleur, permettrait aux intervenants du RSSS et du milieu communautaire de mieux repérer les aînés les plus à risque de souffrir de la chaleur. Ce repérage des clientèles à haut risque permettrait d'agir en prévention primaire (définie comme les actions ciblant les facteurs de risque dans le but

de réduire l'incidence de la maladie [Association des facultés de médecine du Canada, 2009]), en adaptant les interventions ciblant les facteurs de risque d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur, que ce soit au niveau clinique (p. ex. : ajustement de la médication [Direction de santé publique de Montréal (DSP), 2006]) ou communautaires (p. ex. : donner accès à des climatiseurs à faible coût [Santé Canada, 2011]). De plus, ce repérage permettrait de sensibiliser les personnes à risque et leurs proches quant aux mesures à adopter pour se protéger de la chaleur tels que, pour l'individu, boire beaucoup de liquides frais avant d'avoir soif et s'abriter de la chaleur en passant quelques heures dans un endroit frais, voire climatisé, et, pour ses proches, de visiter fréquemment ces individus à risque afin de s'assurer qu'ils sont au frais et hydratés [Santé Canada, 2011]). Ainsi, cette étude vise à caractériser la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur des personnes âgées vivant en communauté dans le Sud du Québec, plus précisément ceux vivant en Estrie, à Montréal et à Laval. De plus, l'identification des principaux facteurs de risques et de protection, modifiables et moins facilement modifiables, associés à la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur permettront aux intervenants de mieux cibler leurs actions. Des mesures de promotion et de prévention, comme la création d'environnement favorables, la réduction des facteurs de risque et des interventions cliniques ou communautaires ciblées auprès des clientèles les plus vulnérables, pourront alors être développées.

RECENSION DES ÉCRITS

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques constituent un enjeu mondial important. Dans son dernier rapport publié en 2014, le GIEC a défini les changements climatiques comme une « variation de l'état du climat, qu'on peut déceler par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus » (GIEC, 2014). Une hausse de la moyenne annuelle de température à la surface du globe a été observée au cours du dernier siècle et on prévoit que cette hausse sera encore plus élevée pour le siècle à venir. Toutefois, l'ampleur de l'évolution projetée de la température à la surface du globe est encore incertaine et a été estimée par quatre scénarios. Ces scénarios correspondent à des profils représentatifs d'évolution de concentration, nommés *Representative Concentration Pathways* (RCPs). Les RCPs ont été construits en tenant compte des émissions anthropiques (c.-à-d., relatifs à l'activité humaine) des gaz à effet de serre ainsi que leurs concentrations atmosphériques, les émissions de polluants dans l'air et l'utilisation des terres. Les RCPs incluent un scénario rigoureux d'atténuation (RCP 2,6), deux scénarios intermédiaires (RCP 4,5 et RCP 6,0) et un scénario avec des émissions très élevées (RCP 8,5). Dans le cas où il n'y aurait pas de mesure d'atténuation des émissions par rapport au scénario de référence, ceci conduirait aux scénarios allant de RCP 6,0 à RCP 8,5. Le scénario RCP 8,5 correspond à des émissions élevées et ininterrompues. Le scénario RCP 2,6, quant-à-lui, est représentatif de mesures d'atténuation ambitieuses visant à maintenir le réchauffement climatique à des températures inférieures à 2,0°C au-dessus des températures pré-industrielles (Intergovernmental panel on climate change [IPCC], 2014). Il a été projeté que la température à la surface du globe pourrait augmenter de 2,0°C à 11,7°C selon le scénario RCP 2,6 et RCP 8,5 respectivement pour le siècle à venir (GIEC, 2014).

Les risques induits par les changements climatiques varieront au fil du temps en fonction des régions et des populations, et dépendront de multiples facteurs, y compris de l'étendue de l'adaptation et des mesures d'atténuation.

RISQUES ASSOCIÉS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les principaux risques associés aux changements climatiques varient selon les secteurs et les régions du globe et comprennent des risques pour les systèmes humains et naturels (p. ex. : détérioration grave de la santé humaine, perturbation des moyens de subsistance liés aux tempêtes, aux inondations ou à l'élévation du niveau de la mer, accroissement des phénomènes météorologiques extrêmes, risque de perte d'écosystèmes terrestres, marins et de leur biodiversité). En Amérique du Nord, parmi les trois principaux risques identifiés par le GIEC (2014), se retrouve la morbidité et la mortalité humaines liées à la chaleur, découlant de la hausse des températures.

Les changements climatiques auront des répercussions sur la santé humaine même si des mesures d'adaptation et d'atténuation pour contrer ces derniers sont adoptées. En effet, malgré le fait que les risques seraient sensiblement réduits dans un scénario caractérisé par les températures projetées plus basses (scénario RCP 2,6 avec faibles émissions découlant de mesures d'atténuation ambitieuses) comparativement à un scénario caractérisé par les températures projetées plus élevées (scénario RCP 8,5 avec émissions élevées et ininterrompues), l'augmentation des risques pour la santé humaine persiste peu importe le scénario retenu. Ainsi, jusqu'au milieu du siècle, les changements climatiques influenceront sur la santé humaine principalement en contribuant à l'exacerbation des problèmes de santé chroniques existants. Puis, pendant toute la durée du XXI^e siècle, ces changements pourraient entraîner une détérioration de l'état de santé de la population en augmentant l'incidence de maladies et de décès liés à des épisodes de chaleur plus intenses (GIEC, 2014). De plus, il a été suggéré que ces épisodes de chaleur seront plus fréquents et persistants, particulièrement dans les hautes latitudes de l'Amérique du Nord et de l'Europe (Patz *et al.*, 2014). Il est aussi projeté que les épisodes de chaleur très intenses (tels que ceux survenus en Europe en 2003 et en Russie en 2010, la chaleur ayant causé respectivement 70 000 et 15 000 décès en excès) seront de 5 à 10 fois plus fréquents au cours des 40 prochaines années (Patz *et al.*, 2014).

Au Canada, les risques posés par les changements climatiques sur la santé et le bien-être des Canadiens sont bien réels et ont été détaillés dans un rapport de Santé Canada (Santé Canada, 2012). Les conséquences des changements climatiques sur la santé des canadiens

peuvent être divisées en sept catégories : 1) mortalité et morbidité liées à la température, 2) catastrophes naturelles associées aux conditions météorologiques, 3) qualité de l'air, 4) contamination de l'eau et des aliments, 5) maladies zoonotiques et à transmission vectorielle, 6) effets de l'exposition aux rayons ultra-violet sur la santé, 7) conséquences socio-économiques sur la santé et le bien-être des collectivités (Santé Canada, 2009). Chacune de sept catégories de conséquences des changements climatiques a des impacts distincts sur la santé et le bien-être de la population canadienne. Par exemple, la mortalité et la morbidité liées à la température peuvent influencer la santé et le bien-être de la population de trois façons, soient en augmentant le risque de 1) maladies liées aux périodes de froid intense et de chaleur accablante, de 2) maladies respiratoires et cardiovasculaires ainsi que les risques 3) pour la santé au travail. Cette étude mettra l'accent sur la première catégorie de conséquence des changements climatiques pour la santé des Canadiens (c.-à-d., la mortalité et la morbidité liées à la température).

Au Québec, la chaleur est également un phénomène bien établi et en augmentation. Une cartographie des risques, c'est-à-dire la production de cartes géographiques représentant l'ensemble du Québec caractérisant le risque climatique et la vulnérabilité sociale actuels et futurs, a été réalisée par Vescovi et collaborateurs. L'examen de ces cartes montre que l'étendue des zones géographiques à risque augmentera dramatiquement au Québec au cours des décennies à venir (Vescovi *et al.*, 2007), plus particulièrement à l'extrême Sud du Québec dans les communautés hautement urbanisées, incluant de grandes villes telles que Montréal mais aussi des villes de taille moyenne comme Sherbrooke (Vescovi *et al.*, 2005). La surmortalité au Québec découlant des changements climatiques pour les prochaines décennies a été estimée à l'échelle du Québec méridional (Doyon *et al.*, 2006) et de trois villes de la province, soient Montréal, Québec et Saguenay (Doyon *et al.*, 2008) en fonction des scénarios A2 et B2. Tout comme les scénarios RCPs (GIEC, 2014) décrits plus haut, les scénarios A2 et B2 ont été développés par le GIEC (IPCC, 2007). Les scénarios A2 et B2 ont été construits pour tenir compte de l'incertitude quant aux émissions futures de gaz à effet de serre résultant de la progression démographique, économique et technologique (Doyon *et al.*, 2006; Doyon *et al.*, 2008). Le scénario A2 décrit un monde très hétérogène caractérisé par une forte croissance démographique, un faible développement économique et de lents progrès technologiques alors que le scénario B2 décrit un monde avec des

niveaux intermédiaires de croissances démographique et économique, privilégiant l'action locale pour assurer une durabilité économique, sociale et environnementale. Ainsi, le scénario A2, considéré « pessimiste », correspond à une concentration supérieure en gaz à effet de serre au scénario B2 considéré « optimiste » (IPCC, 2007). À l'échelle du Québec méridional, les changements climatiques provoqueront une augmentation de la mortalité estivale de l'ordre de 2% vers 2020 et de 10% vers 2080 ainsi qu'une augmentation de la mortalité annuelle de l'ordre de 0,5% vers 2020 et de 3% vers 2080 (Doyon *et al.*, 2006). Dans l'étude ayant porté spécifiquement sur trois villes de la province (Montréal, Québec et Saguenay), il a été estimé que les taux annuels de mortalité varieront entre 0,5% et 2% vers 2020 et entre 3% et 10% vers 2080, dépendamment des scénarios projetés (scénario A2 et scénario B2 considérés pessimiste et optimiste respectivement) d'émissions de gaz à effet de serre (Doyon *et al.*, 2008). Quant à la mortalité estivale, une augmentation de 2% pour 2020 et de 8% à 15% pour 2080 dépendamment des villes a été estimée (Doyon *et al.*, 2008). De plus, les variations projetées de la mortalité étaient plus élevées pour les personnes âgées de 65 ans et plus (Doyon *et al.*, 2006; Doyon *et al.*, 2008), la surmortalité pour les aînés ayant été estimée de deux à trois fois plus importante comparativement aux personnes âgées de 15 à 64 ans (Doyon *et al.*, 2006). Dans les deux cas, la surmortalité projetée est probablement une estimation conservatrice des conséquences appréhendées car ces simulations ne tiennent pas compte du vieillissement de la population du Québec. Les estimations n'incluent pas non plus les excès de mortalité qui découleront des événements météorologiques extrêmes plus nombreux et plus graves tels que les épisodes de chaleur (Doyon *et al.*, 2006; Doyon *et al.*, 2008). De plus, les projections ne tiennent pas compte de l'évolution de l'état de santé des personnes (Doyon *et al.*, 2008). D'un autre côté, la sensibilisation de la population face aux changements climatiques et ses réactions à la suite de campagnes préventives à venir pourraient influencer ces projections; ces dernières constituent donc l'estimation d'une situation où la population ne s'adapte pas à ces changements.

DÉFINITION DES TERMES LIÉS À LA CHALEUR

Sur le site internet d'Environnement Canada, le terme « température » réfère à la température de l'air et est mesurée en degrés Celsius (°C) [Gouvernement du Canada. 2015]. Les températures maximale et minimale concernent « une journée commençant à 0600 temps moyen de Greenwich (ou temps universel), c'est-à-dire à quelques heures de minuit, heure locale au Canada ». Les termes « température maximale » et « température minimale » réfèrent respectivement à la température la plus élevée et la plus basse observée à un endroit donné au cours d'un intervalle de temps déterminé. La « température moyenne », quant-à-elle, est définie comme la moyenne de la température maximale et de la température minimale à un endroit donné au cours d'un intervalle de temps déterminé. Une étude ayant examiné la relation entre la température et la mortalité dans sept villes de la province du Québec (c.-à-d., Gatineau, Laval, Longueuil, Montréal, Québec, Saguenay et Sherbrooke) a montré que le pourcentage de mortalité relative augmente avec l'augmentation de la température. La mortalité relative permet de comparer la mortalité à une température donnée à la moyenne de la mortalité pour toutes les autres températures, et ce, en tenant compte des saisons, des tendances à long terme et des jours de la semaine (Doyon *et al.*, 2006). Le taux de mortalité relatif commence à augmenter même à des températures quotidiennes moyennes aussi basses que 20°C (Santé Canada 2011, Doyon *et al.*, 2006; Doyon *et al.*, 2008). Dépendamment des villes, la mortalité relative peut atteindre jusqu'à 132% à une température moyenne de 30°C, indiquant qu'il y a 32% plus de décès à cette température qu'en moyenne. Dans une autre étude menée dans neuf collectivités canadiennes incluant Montréal, la mortalité augmentait lorsque la température maximale atteignait 30°C, ce seuil était le plus sensible pour quantifier les effets du stress thermique (Casati *et al.*, 2013). Par temps chaud et humide, la température seule ne reflète pas celle qui est perçue par une personne moyenne (c'est-à-dire un jeune adulte de poids et de grandeur moyens) [Gouvernement du Canada. 2015]. L'humidex est un indice qui a été développé et qui combine les valeurs de la température et de l'humidité en un chiffre unique qui représente la température ressentie. Puisqu'il tient compte des deux principaux facteurs qui influent sur notre confort durant l'été, il permet de mieux mesurer la sensation en présence d'air étouffant plutôt que la température ou l'humidité prise séparément. Par exemple, un indice Humidex de 40 signifie que, lorsque la température est de 30°C et l'air

humide, les conditions ressenties sont plus ou moins les mêmes que lorsque la température est de 40°C et l'air sec. Toujours selon Environnement Canada, plus la valeur de l'Humidex augmente, plus le risque de troubles de santé liés à la chaleur augmente (Gouvernement du Canada, 2015).

Plusieurs indicateurs peuvent être utilisés pour déterminer les seuils de température où les risques de mortalité et de morbidités liées à la température peuvent être accrus. L'indicateur le plus fréquemment utilisé internationalement est nommé « vague de chaleur ». Par contre, la définition d'une vague de chaleur varie grandement selon les pays et, au Canada, il n'y a pas de définition formelle d'un épisode de vague de chaleur (Institut national de santé publique [INSPQ], 2001-2010). Sur le site d'Environnement Canada, une vague de chaleur désigne une période d'au moins trois jours consécutifs où la température maximale est d'au moins 32°C (Gouvernement du Canada, 2013). Des avertissements de chaleur sont émis par Environnement Canada et les seuils de température associés à ces avertissements varient selon les provinces et les territoires. Pour la province du Québec, Environnement Canada émet un avertissement de chaleur lorsque l'une ou l'autre de ces deux situations survient : 1) indice humidex d'au moins 40 et température d'au moins 30°C, et que ces deux conditions persistent pendant au moins une heure ou 2) température d'au moins 40°C (Gouvernement du Canada, 2016). Lorsque les avertissements de chaleur sont en vigueur, ils sont notamment présentés sur la page d'accueil des sites internet d'Environnement Canada et de Météomédia; des communiqués peuvent aussi être émis par les DSP touchées. En plus d'alerter la population quant aux enjeux sanitaires potentiels associés aux températures élevées, les avertissements de chaleur sont accompagnés d'informations permettant d'identifier les populations les plus vulnérables à la chaleur (p. ex. : les personnes âgées, celles ayant des maladies chroniques) et des recommandations générales pour préserver sa santé (p. ex. : boire beaucoup de liquide sans se fier à la sensation de la soif) [Gouvernement du Canada, 2015; Meteomedia, 2015; Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Est-de-l'Île de Montréal, 2015]. Des avis de chaleur accablante, émis par Environnement Canada lorsqu'on prévoit une température d'au moins 30°C et un indice humidex de plus de 40, sont issus de réseaux de veilles et d'avertissements météorologiques publics et émis de façon locale, ont pour but de prévenir le grand public

des risques pour leur santé (Santé et services sociaux Québec, 2016). Ils sont valides pour une courte période (6 heures), ce qui n'est pas suffisant pour une intervention sanitaire de grande ampleur visant à prévenir un excès de mortalité (Santé et services sociaux Québec, 2016). Les alertes de chaleur extrême, quant à elles, sont émises par l'INSPQ et diffusées par les DSP des régions touchées, afin de prévenir et de mobiliser les intervenants du RSSS. Contrairement aux avis de chaleur accablante, les seuils météorologiques à atteindre pour émettre une alerte de chaleur extrême sont beaucoup plus complexes et sont établis spécifiquement pour chacune des régions en fonction des risques à la santé (Santé et services sociaux Québec, 2016). En effet, les seuils de détection retenus (température maximale et minimale) varient selon la région sociosanitaire (RSS) et correspondent à un excès de mortalité de 60% par rapport à la moyenne historique d'une RSS donnée. Par exemple, la température maximale doit atteindre 31°C et 33°C le jour et la température minimale 18°C et 20°C la nuit, pendant trois journées consécutives pour les régions de l'Estrie et de Montréal/Laval respectivement (Martel *et al.*, 2011). À noter que l'émission d'avertissement de chaleur extrême ne considère pas la valeur de l'indice humidex. Lorsque les seuils de température sont atteints, l'indice humidex peut être utilisé pour améliorer la précision des avertissements de chaleur en réduisant le nombre de fausses alertes (Martel *et al.*, 2010; Lebel et Bustinza, 2013). Toutefois, tel que mentionné plus haut, l'indice humidex n'est construit que pour émettre un avertissement à court terme (6 heures) et de manière locale, ce qui n'est pas donc pas suffisant pour une intervention sanitaire de grande ampleur visant à prévenir la surmortalité (Lebel et Bustinza, 2013). Les critères d'alerte de chaleur extrême tiennent compte non seulement de l'intensité, mais aussi de la durée de l'épisode, impliquent un niveau de risque plus élevé pour la santé que ceux d'un avis de chaleur accablante et permettent d'adapter ainsi que de rehausser les diverses interventions préventives réalisées auprès des individus et des environnements par les acteurs du RSSS (Santé et services sociaux Québec, 2016). Par exemple, les rôles des Centres intégrés de santé et des services sociaux comprennent notamment une surveillance accrue des clientèles à risque tant à domicile qu'en établissement, l'identification des clientèles vulnérables, l'application des mesures préventives ainsi que l'identification précoce des troubles de santé liés à la chaleur. En ce qui concerne les municipalités, des mesures d'atténuation destinées à la population

peuvent être mises en place en phase d'alerte (p. ex. : ouverture prolongée des piscines, disponibilité d'aires de répit destinées aux populations vulnérables) [Laplante et Roman, 2006]. À moins d'indications contraires, les termes « chaleur » ou « épisode de chaleur » utilisés dans ce mémoire réfèrent respectivement au concept général de chaleur, toutes définitions confondues, ou de période prolongée de chaleur.

MÉCANISMES DE RÉGULATION DE LA TEMPÉRATURE CORPORELLE

Mécanismes de régulation de la température corporelle lors de conditions normales et lors d'épisodes de chaleur

Les épisodes de chaleur exposent le corps humain à un stress thermique accru. Ainsi, une bonne connaissance des mécanismes de thermorégulation du corps, plus précisément ceux utilisés pour traiter l'excès de chaleur, est essentielle afin de comprendre la réaction physiologique humaine au stress thermique.

La thermorégulation permet de maintenir la température corporelle centrale à 37°C malgré les changements dans l'environnement externe et les fluctuations dans la production de chaleur interne (Santé Canada, 2011). Ce processus de thermorégulation, visant à protéger les organes internes des changements thermiques (Santé Canada, 2011), résulte de l'équilibre entre la production et la déperdition de chaleur (Marieb, 2005). Les mécanismes liés à la production de chaleur interne comprennent le métabolisme basal et l'activité musculaire. La chaleur interne produite en excès est éliminée du corps en transférant la chaleur vers la surface de la peau au moyen de l'appareil circulatoire et de contacts internes des tissus en suivant un gradient de température. C'est seulement une fois à la surface de la peau que la chaleur peut être relâchée dans l'environnement (déperdition de chaleur) au moyen des quatre mécanismes suivant : le rayonnement, la conduction, la convection et l'évaporation (Marieb, 2005; Santé Canada, 2011). D'abord, le rayonnement est le transfert bidirectionnel de la chaleur sous forme d'ondes infrarouges (énergie thermique). Le transfert bidirectionnel de la chaleur entre deux surfaces de température différentes au moyen d'un contact physique direct et d'un contact avec des molécules d'air ou d'eau sur la

peau se nomme, respectivement, la conduction et la convection. Le quatrième mécanisme est l'évaporation de l'eau par la peau (sous forme de sueur) ou par les voies respiratoires (évaporation continue de l'eau provenant des poumons et de la muqueuse de la bouche). L'évaporation est le seul mécanisme qui soit unidirectionnel et qui entraîne toujours une perte de chaleur corporelle, jamais un gain en chaleur.

Lorsque la température centrale du corps s'élève au-dessus de la normale, le processus de thermolyse du corps (refroidissement de l'organisme) s'active et déclenche les deux réactions suivantes : la dilatation des vaisseaux sanguins cutanés et l'augmentation de la transpiration. La dilatation des vaisseaux sanguins cutanés amène le sang chaud dans les vaisseaux de la peau et la chaleur se dissipe à la surface de cette dernière principalement par rayonnement mais également par conduction et convection. Dans le cas où le corps est très surchauffé ou si la température du milieu ambiant est de plus de 33°C, aucune autre forme de refroidissement n'est possible outre l'augmentation de l'évaporation par transpiration. Ainsi, les glandes sudoripares sont fortement sollicitées, lesquelles excrètent de grandes quantités de sueur (Marieb, 2005). Toutefois, la sueur seule n'extirpe pas la chaleur du corps, c'est plutôt l'évaporation de la sueur de la surface de la peau qui permet le refroidissement (Santé Canada, 2011). Ainsi, l'évaporation de la sueur est une forme de refroidissement efficace seulement lorsque l'air est sec. Lorsque l'humidité relative est élevée, l'évaporation devient beaucoup plus lente et des mesures volontaires de refroidissement, telles que l'arrêt des activités physique et passer du temps dans un endroit frais ou climatisé, s'avèrent nécessaires (Santé Canada, 2011). En effet, lorsque les processus normaux de refroidissement deviennent inefficaces, il s'ensuit une hyperthermie (élévation de la chaleur corporelle) qui inhibe l'hypothalamus. Ainsi, tous les mécanismes de thermorégulation sont interrompus ce qui crée une boucle de rétroactivation néfaste : l'échauffement de l'organisme accroît la vitesse du métabolisme qui, à son tour, fait augmenter la production de chaleur. La peau devient chaude et sèche et, comme la température interne continue de grimper (>41°C), divers organes dont le cerveau risquent de plus en plus de subir des lésions (Marieb, 2005). Des maladies ou des troubles de santé liés à la chaleur, définis comme une incapacité du corps à affronter la chaleur (Santé Canada, 2011), peuvent alors survenir.

Acclimatation à la chaleur

Tel que mentionné plus haut, deux processus (c.-à-d., la dilatation des vaisseaux sanguins cutanés et l'augmentation de la transpiration) permettent de diminuer la température corporelle lorsqu'elle est au-dessus de la normale. Toutefois, lors de conditions chaudes tels que lors d'épisodes de chaleur, la capacité de thermorégulation du corps peut ne pas être suffisante et mener à des troubles de santé liés à la chaleur.

Dans une certaine mesure, il est possible d'augmenter sa capacité physiologique à tolérer la chaleur. En effet, l'acclimatation survient lorsqu'une personne est exposée de manière répétée à un milieu chaud et sec ou alors chaud et humide. L'acclimatation comprend surtout des changements dans la production de sueur, de la fréquence cardiaque ainsi que la conservation du sel par les glandes sudoripares et les reins (Santé Canada, 2011). Suite à ces changements progressifs dus à l'exposition répétée à des températures élevées, la capacité à dissiper la chaleur corporelle excédentaire croît. Comparativement à une situation de non-acclimatation, le mécanisme de sudation se modifie de deux façons au cours de l'acclimatation : 1) production d'une sueur plus diluée par les glandes sudoripares et 2) activation rapide de la réaction de sudation. L'acclimatation permet de réduire la perte en électrolytes en augmentant la capacité de réabsorption des glandes sudoripares. De plus, le déclenchement du processus de production de sueur ainsi que des changements dans le flux sanguin se produisent plus rapidement. Les changements dans le flux sanguin se font via la dilatation des vaisseaux sanguins cutanés, ce qui redistribue davantage de sang vers la peau, conduisant à la perte de chaleur (Santé Canada, 2011). Ce processus n'est toutefois pas instantané et peut nécessiter jusqu'à deux semaines avant qu'une personne puisse résister à une température élevée qui était considérée comme intolérable auparavant. De plus, l'acclimatation ne perdure pas dans le temps. Selon les personnes, la tolérance à la chaleur commence à disparaître seulement quelques jours ou quelques semaines après l'absence d'exposition (Santé Canada, 2011). Il est aussi à noter que certaines personnes possèdent une meilleure capacité à s'acclimater. Bien que les réactions physiologiques à l'acclimatation soient semblables entre différentes personnes, le degré de réaction varie fortement et doit être pris en compte. Ainsi, chez des populations hautement vulnérables à la chaleur tel que les aînés, leur capacité d'adaptation à la chaleur est réduite, ce qui

augmente d'autant plus leur vulnérabilité. Il faut également prendre en considération que l'acclimatation à la chaleur est beaucoup plus difficile lors d'épisodes de chaleur surtout si elles surviennent très tôt lors des saisons estivales ou avant (Santé Canada, 2011). En effet, les épisodes de chaleurs survenant tôt au printemps exposent brusquement le corps à des températures très élevées alors que la population n'a pas encore été exposée aux températures estivales comparativement aux épisodes de chaleur survenant plus tard au cours de l'été. L'acclimatation lors des épisodes de chaleur est également plus difficile puisqu'elles sont habituellement de courtes périodes à température très élevée, ce qui ne donne pas suffisamment de temps pour s'acclimater. C'est également ce phénomène d'acclimatation qui explique pourquoi les personnes habitant dans les régions où les hautes températures sont fréquentes, le risque posé sur la santé de la population se produit à des températures plus élevées que dans les régions plus tempérées (Santé Canada, 2011).

Mécanismes de régulation de la température corporelle chez les aînés

Au fur et à mesure que les personnes vieillissent, des changements physiologiques surviennent menant à une capacité réduite d'adaptation à la chaleur (Santé Canada, 2011; INPES, 2007; Westaway *et al.*, 2015). Ainsi, la capacité de maintenir la température corporelle centrale normale diminue chez les personnes âgées, entre autres en raison de la diminution du taux de sudation, du flux sanguin vers la peau et les extrémités (essentielle à la dissipation de la chaleur en augmentant le débit sudoral) ainsi que de la réduction du débit cardiaque. De plus, pour une même activité physique, les adultes plus âgés produisent une chaleur métabolique plus élevée comparativement à leurs homologues plus jeunes (Larose *et al.*, 2013; Santé Canada, 2011). Les adultes plus âgés ont également une capacité moindre à dissiper la chaleur. Dans des conditions ambiantes chaudes, comme les périodes de chaleur, la chaleur supplémentaire à dissiper du corps constitue un enjeu. Les écrits scientifiques indiquent également que la diminution du volume plasmatique pendant l'exposition à la chaleur est plus importante chez les personnes âgées que chez les jeunes adultes. Ainsi, pour ceux ayant des fonctions cardiovasculaires limitées, la combinaison de la redistribution du flux sanguin vers la peau et la perte subséquente en liquide et en sels par la sueur peut être suffisante pour augmenter la charge sur le cœur qui pourrait faillir à maintenir un débit cardiaque adéquat. C'est ce qui explique que les gens qui succombent à

une maladie provoquée par la chaleur meurent souvent d'insuffisance cardiaque (Santé Canada, 2011). De plus, puisque la sensation de la soif diminue chez les aînés (Westaway *et al.*, 2015; Santé Canada, 2011), la déshydratation est fréquente et peut survenir rapidement (Westaway *et al.*, 2015). En outre, certains adultes plus âgés restreignent leur consommation de liquide à cause de l'incontinence. Lorsque leur corps éprouve un manque en eau, les adultes plus âgées ont une capacité réduite à conserver l'eau et les électrolytes dans les reins comparativement aux adultes plus jeunes (Santé Canada, 2011). De plus, les aînés ont souvent une fonction rénale altérée pouvant mener à des troubles électrolytiques (INPES, 2007), ce qui influence leur vulnérabilité à la chaleur. En effet, il a été estimé que les troubles rénaux sont responsables de 80% des troubles de santé liés à la chaleur (Santé Canada, 2011). Les changements dans les concentrations d'ions et d'électrolytes peuvent interrompre les contractions du muscle cardiaque, provoquer des spasmes musculaires, des troubles gastro-intestinaux ainsi qu'entraîner des problèmes de fonctionnement des cellules des muscles et des nerfs (Santé Canada, 2011). Finalement, l'avancement en âge amène des changements dans la composition corporelle. En effet, on observe une augmentation de la masse adipeuse et une réduction concomitante de la masse maigre. Ces changements, souvent associés à une moins bonne condition physique, diminuent l'efficacité des mécanismes de dissipation de la chaleur et la sensation de chaleur (Santé Canada, 2011).

TROUBLES DE SANTÉ LIÉS À LA CHALEUR

Les maladies provoquées directement par la chaleur sont de diverses intensités et comprennent des problèmes mineurs tels qu'un œdème de chaleur, la *miliaria rubra* (boutons de chaleur), des crampes de chaleur et une syncope causée par la chaleur. Les pathologies les plus graves causées directement par la chaleur sont l'épuisement par la chaleur et le coup de chaleur (Santé Canada, 2011). Lorsque la température interne corporelle devient de plus en plus élevée, les risques de coagulation du sang à l'intérieur des vaisseaux augmentent et les membranes cellulaires sont endommagées. Ce phénomène est appelé coup de chaleur et peut être fatal à moins qu'on ne prenne immédiatement des mesures correctives (Marieb, 2005), la progression vers les décès étant très rapide, de l'ordre de quelques heures seulement (Kovats et Hajat, 2008). Chez les survivants de coups

de chaleur, des changements permanents peuvent être observés et provoquer une altération fonctionnelle sévère et augmenter le risque de mortalité précoce (Kovats et Hajat, 2008). Aussi, l'épuisement causé par la chaleur peut évoluer rapidement vers un coup de chaleur si l'organisme n'est pas refroidi et réhydraté sans tarder (Marieb, 2005). La chaleur peut aussi occasionner, de manière indirecte, des effets sur la santé en aggravant les maladies chroniques préexistantes, telles que les maladies cardiovasculaires, respiratoires, rénales, neurologiques, ou endocriniennes, de par ses effets sur le métabolisme (déshydratation, déséquilibre électrolytique, effort cardiaque augmenté, etc.) [Agence de la santé et des services sociaux (ASSS) de Montréal, 2011]. Ces effets directs et indirects mènent souvent à la survenue d'événements morbides, entraînant des visites à l'urgence, des hospitalisations, et parfois même, la mort. Enfin, si ces événements surviennent rapidement dans le cas des effets directs de la chaleur, la survenue d'événements morbides ou fatals pour les effets indirects de la chaleur peut être plus ou moins retardée dans le temps. Par exemple, pour la mortalité toutes causes et la mortalité cardiovasculaire, des événements peuvent survenir jusqu'à trois jours suivant le pic de température élevée alors que pour la mortalité par maladies respiratoires, ce délais peut aller jusqu'à 15 jours (INSPQ, 2001-2010). La chaleur constitue donc un enjeu majeur de santé publique en raison de ses divers effets sanitaires, dont certains sont importants.

MORBIDITÉ ET MORTALITÉ LORS D'ÉPISODES DE CHALEUR À L'ÉCHELLE INTERNATIONALE

Tel que mentionné plus haut, une hausse de la moyenne annuelle de température à la surface du globe a été observée dans les dernières années et sera encore plus élevée pour les années à venir en raison des changements climatiques, ce qui pourrait résulter en une augmentation de la mortalité et la morbidité liées à la chaleur (GIEC, 2014). D'ailleurs, plusieurs recensions des écrits récentes ont observé une forte relation entre les épisodes de chaleur et la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur dans la population générale (Ye *et al.*, 2012; Petkova *et al.*, 2014; Kovats et Hajat, 2008) et, plus spécifiquement, chez les personnes âgées (Åström *et al.*, 2011).

Les études ayant examiné les impacts des épisodes de chaleur des 20 dernières années sur la survenue d'événements morbides, plus précisément les visites à l'urgence et les hospitalisations, ou la survenue d'événements fatals, toutes causes (ou toutes causes excluant les causes traumatiques), ont été résumées par position géographique. Autant les études menées auprès de la population générale que celles ayant été menées spécifiquement chez les aînés ont été retenues.

États-Unis

L'impact sanitaire de la chaleur a été étudié aux États-Unis davantage sous l'angle de l'excès de morbidité ou de mortalité lors d'épisodes de chaleur que sous l'angle de l'incidence d'événements liés à la chaleur. Quelques études seulement, présentant la densité d'incidence (Lippmann *et al.*, 2013) ou l'incidence cumulée (Choudhary et Vaidyanathan, 2014; Naughton *et al.*, 2002) d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur ont été identifiées. Dans une étude menée en Caroline du Nord, Lippmann et collaborateurs (2013) ont rapporté des incidences mensuelles de visites à l'urgence liées à la chaleur (VULC; définies comme une visite à l'urgence avec la chaleur identifiée comme cause primaire au diagnostic à la sortie de l'hôpital) se situant entre 0,0008 à 0,2 par 100 000 personnes-jours pour la période du 1^{er} janvier 2007 au 31 décembre 2008. L'incidence de VULC variait grandement en fonction du mois et, malgré que des VULC survenaient sur l'ensemble des mois de l'année, l'incidence augmentait dramatiquement lors de la saison estivale et était pratiquement nulle durant la saison hivernale. L'incidence variait aussi en fonction de l'âge, des régions et du type de milieu (urbain contre rural). Les jeunes adultes et ceux en âge de travailler (19-44 ans) étaient les plus à risque de VULC parmi tous les groupes d'âge, ce qui serait probablement attribuable à leur exposition plus élevée aux conditions extérieures, suite à des activités professionnelles ou de loisirs selon les auteurs. De plus, les résultats de l'étude suggèrent que les personnes vivant dans les milieux ruraux étaient plus à risque de VULC comparativement à ceux vivant dans les milieux urbains. Les auteurs estiment que ce pourrait être une réalité propre à leur région et que davantage d'études sont nécessaires pour confirmer ou infirmer l'hypothèse que la vulnérabilité au stress thermique serait plus élevée dans les milieux ruraux en Caroline du Nord. Plusieurs facteurs devraient en effet être pris en compte, tels que l'efficacité thermique des logements, la prévalence de l'air

climatisé, les conditions météorologiques et topographiques locales, les comportements lors d'activités de loisirs et professionnelles et d'autres facteurs socio-économiques. L'incidence cumulée de divers événements liés à la chaleur a été rapportée dans deux autres études, également aux États-Unis. Une étude auprès de 20 états a rapporté des taux d'hospitalisations de deux par 100 000 habitants pour une maladie liée à la chaleur (MLC; défini comme toute maladie nécessitant une hospitalisation [c.-à-d., séjour à l'hôpital pour au moins 23 heures] avec la chaleur identifiée dans le diagnostic primaire ou secondaire) au cours des années 2001 à 2010 pour l'ensemble de la population (Choudhary et Vaidyanathan, 2014). Ces taux variaient selon les états et la majorité des hospitalisations pour une MLC sont survenues chez les personnes âgées de 65 ans et plus (six par 100 000 habitants). Les personnes âgées ont aussi été identifiées comme les plus à risque comparativement aux autres groupes d'âge dans une étude similaire menée à Chicago (Naughton *et al.*, 2002). Les taux de décès liés à la chaleur, défini comme tous décès survenu durant l'épisode de chaleur de 1999 à Chicago avec la chaleur comme cause primaire ou secondaire du décès, étaient de 0,9 (25-44 ans), six (45-64 ans), huit (65-74 ans) et 20,9 (75 ans et plus) par 100 000 habitants.

Les études ayant estimé l'excès de risque d'événements durant des épisodes de chaleur en comparaison avec des périodes de référence sont beaucoup plus fréquentes dans les écrits scientifiques, particulièrement celles ayant porté sur la mortalité. Ces études ont permis de mettre en évidence d'importantes variations de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur selon le lieu de résidence et selon les groupes d'âge.

D'abord, des variations spatiales de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur aux États-Unis ont été observées, à la fois à l'échelle inter-régionales (Anderson et Bell, 2011; Hondula *et al.*, 2015) et intra-régionales (Hondula *et al.*, 2015; Hondula *et al.*, 2013). D'abord, dans une étude réalisée dans 43 communautés des États-Unis couvrant la saison chaude des années 1987 à 2005, l'excès de mortalité a été estimé à 4% et variait selon l'emplacement géographique, étant de 2% dans le Sud, de 6% dans le Midwest et de 7% dans le Nord-Est (Anderson et Bell, 2011). Malgré que les régions du Sud des États-Unis soient généralement exposées à de plus hautes températures et à des épisodes de chaleur plus longs et plus intenses comparativement aux régions du Midwest et

du Nord-Est, Anderson et Bell (2011) estiment qu'il pourrait y avoir des différences quant à l'exposition aux conditions chaudes extérieures (p. ex. : l'utilisation de l'air climatisé à l'intérieur) expliquant ainsi la surmortalité plus faible observée dans les régions du Sud. De plus, étant exposés plus fréquemment à la chaleur, il est probable les habitants du Sud y soient davantage acclimatés.

Outre la variabilité inter-régions, la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur pourrait aussi varier au sein d'une même région. D'ailleurs, une étude réalisée dans les sept plus grandes régions métropolitaines des États-Unis a montré que la variabilité intra-métropolitaine était beaucoup plus élevée que la variabilité inter-métropolitaine en ce qui concerne la surmortalité liée à la chaleur (Hondula *et al.*, 2015). Les périodes étudiées variaient selon les métropoles en fonction de la disponibilité des données sur la mortalité comprises entre 1983 et 2008. Pour six des sept régions métropolitaines étudiées, une association positive et statistiquement significative entre les épisodes de chaleur et la mortalité toutes causes a été observée. Au niveau inter-métropolitain, la surmortalité liée à la chaleur variait de 3% à 7%. Cette surmortalité était concentrée dans des zones intra-métropolitaines précises, représentant entre 12% et 44% des codes postaux selon la métropole où l'excès de décès pouvait être de plus de 10%. Les zones les plus à risque étaient caractérisées par un niveau de développement moyen (par opposition à un niveau de développement faible ou élevé), par une plus forte proportion de jeunes enfants (âgés de moins de cinq ans), de personnes âgées, de minorités ethniques, et de personnes ayant un faible revenu, une faible éducation ou habitant dans un logement à loyer modique. Toutefois, les indicateurs définissant les zones les plus à risque différaient selon les métropoles étudiées. Ainsi, les auteurs estiment que les mesures préventives adoptées par les autorités de santé publique doivent être adaptées selon la réalité locale et qu'on ne doit pas présumer que les indicateurs de vulnérabilité sont applicables de manière universelle. De plus, le fait que les zones caractérisées par un niveau de développement moyen soient plus à risque de surmortalité dans certaines métropoles indique que des taux élevés de mortalité liés à la chaleur sont possibles, même dans des zones n'étant pas centrales et fortement urbanisées. Une limite importante de l'étude d'Hondula et collaborateurs (2015) est son devis écologique. En effet, les conclusions de cette étude sont basées sur les caractéristiques des lieux et non pas sur les mécanismes individuels menant à des troubles

de santé liés à la chaleur, ce qui peut mener à de fausses conclusions concernant les stratégies d'intervention les plus efficaces au niveau individuel. De plus, les indicateurs sociaux et environnementaux, mesurés en 2000, ont été mis en relation avec la survenue de décès lors des épisodes de chaleur, lesquels ont été mesurés sur une large période (moyenne de 20 ans, étendue de 14 à 26 ans). Une étude précédente du même premier auteur avait aussi montré que la mortalité intra-métropolitaine liée à la chaleur n'était pas distribuée de manière uniforme dans la métropole de Philadelphie (Hondula *et al.*, 2013). Seulement 15 des 46 codes postaux étudiés ont été associés à des taux de mortalité significativement plus élevés durant les épisodes de chaleur survenus de 1983 à 2008 comparativement aux taux de base, les excès variant de 7% à 23% (Hondula *et al.*, 2013).

Outre les variations spatiales de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur aux États-Unis, des variations selon les groupes d'âge ont été observées (Semenza *et al.*, 1999; Knowlton *et al.*, 2009). En ce qui concerne la morbidité, l'excès d'hospitalisations lors de l'épisode de 1995 à Chicago a été estimé à 11% (tous âges), cet excès étant cependant de 35% chez les personnes âgées de 65 ans et plus (Semenza *et al.*, 1999). Dans la même veine, lors de l'épisode de chaleur survenu en 2006 en Californie, un excès non significatif des hospitalisations a été observé pour tous les groupes d'âge et 52% d'entre elles sont survenues chez les personnes âgées de 65 ans et plus (Knowlton *et al.*, 2009). Dans la même étude, Knowlton et collaborateurs ont observé un excès de visites à l'urgence significatif de 3% (tous âges), cet excès étant assez similaire pour l'ensemble des groupes d'âge (5% [0-4 ans], 3% [5-64 ans], 3% [65 ans et plus]) pour l'épisode de 2006.

Australie

Tout comme aux États-Unis, l'impact sanitaire de la chaleur en Australie a surtout été étudié sous l'angle de l'excès de morbidité ou de mortalité lors d'épisodes de chaleur (Nitschke *et al.*, 2007; Nitschke *et al.*, 2011; Schaffer *et al.*, 2012) et une seule étude a été réalisée sous l'angle de l'incidence cumulée (Beggs et Vaneckova, 2008). D'abord, dans 12 régions de la Nouvelle-Galles du Sud en Australie, les taux d'incidence des hospitalisations avec un diagnostic principal lié à la chaleur de 1993 à 1994 variait de 0,7 à 8 par 100 000 habitants (Beggs et Vaneckova, 2008). Outre des variations régionales, des variations ont aussi été observées selon l'âge. D'abord, des excès non significatifs de mortalité et

d'hospitalisations lors des épisodes de chaleur survenus dans les années 1993 à 2009 ont été documentés à Adelaide en Australie (Nitschke *et al.*, 2007; Nitschke *et al.*, 2011). Concernant les visites à l'urgence, aucun excès significatif n'a été observé non plus dans l'ensemble de la population durant les épisodes de chaleur de 1993 à 2008 et en 2009, sauf en 2008 (6%). Toutefois, chez les aînés, des excès significatifs durant les épisodes de chaleur de 3% de 1993 à 2008 et de 17% en 2009 ont été observés chez les personnes âgées de 75 ans et plus alors qu'un excès de 9% en 2008 a été observé chez les personnes âgées de 65 à 74 ans (Nitschke *et al.*, 2011). Plus récemment, durant l'épisode de chaleur 2011 survenu à Sydney en Australie, l'excès de mortalité était de 13% (tous âges), de 16% (moins de 75 ans) et de 12% (75 ans et plus) [Schaffer *et al.*, 2012]. Dans la même étude de Schaffer et collaborateurs (2012), l'excès des visites à l'urgence lors de l'épisode de 2011 était de 2% (tous âges), ce taux étant plus élevé chez les 75 ans et plus, soit de 8%.

Europe

L'impact sur la santé des épisodes de chaleur a été étudié dans plusieurs pays de l'Europe, l'ensemble de ces études sous l'angle de l'excès, aucune n'ayant examiné l'incidence des événements morbides ou fatals liés à la chaleur. Les études sont nombreuses, notamment celles portant sur l'épisode de chaleur survenu au début d'août 2003 qui est considéré comme l'un des pires des dernières années, entre autres en termes d'impacts sur la santé causant notamment le décès de milliers de personnes âgées vulnérables (United Nations Environmental Programme, 2004). Les études ont toutes estimé l'excès d'événements durant des épisodes de chaleur en comparaison avec des périodes de référence.

L'excès de mortalité lors de l'épisode de chaleur de 1995 au Royaume-Unis était de 9% en Angleterre et au Pays de Galles et cette surmortalité augmentait avec l'âge (8% [65-74 ans], 9% [75-84 ans], 10% [85 ans et plus]) [Rooney *et al.*, 1988]. La surmortalité était plus élevée à Londres, soit de 16%, et augmentait également avec l'âge en atteignant une surmortalité de 20% chez les personnes âgées de 85 ans et plus (Rooney *et al.*, 1988). Toujours à Londres lors du même épisode de chaleur (1995), aucun excès n'a été observé en ce qui concerne les hospitalisations (Kovats *et al.*, 2004). Tout comme lors de l'épisode de chaleur de 1995, une surmortalité plus élevée a été observée à Londres lors de l'épisode de chaleur de 2003 (Johnson *et al.*, 2005). Lors de l'épisode de 2003 survenu du 4 au 13

août, l'excès de mortalité était de 17% (tous âges) et 23% (75 ans et plus) pour l'ensemble de l'Angleterre (surmortalité variant de 2% à 42% selon la région), Londres étant davantage affecté avec un excès de mortalité de 42% (tous âges) et de 59% (75 ans et plus). Quant aux hospitalisations, Johnson et collaborateurs (2005) ont observé un excès (tous âges) de 1% pour l'ensemble de l'Angleterre (variant de -8% à 8% selon la région), l'excès des hospitalisations le plus élevé (16%) ayant été observé à Londres chez les personnes âgées de 75 ans et plus. Deux études portant spécifiquement sur la vulnérabilité des aînés lors de l'été 2003 ont été conduites à Tessin en Suisse (Cerutti *et al.*, 2006) et dans neuf villes européennes (D'Ippoliti *et al.*, 2010). Dans l'étude suisse menée durant la saison estivale 2003 auprès de personnes âgées d'au moins 65 ans, trois épisodes de chaleur, définis comme la survenue d'au moins trois jours avec une température moyenne quotidienne $\geq 24^{\circ}\text{C}$ (sans tomber au-dessous de ce seuil pendant plus d'un jour) auxquels on a ajouté les trois jours subséquents, ont été comparés. Le premier épisode de chaleur de 2003, survenu du 9 au 30 juin, était associé à un excès de mortalité de 16% chez les 65 ans et plus et de 11% chez les 75 ans et plus alors qu'aucun excès de mortalité n'a été observé durant les deux épisodes de chaleur subséquents (8 au 26 juillet et 2 au 20 août) de la même année (Cerutti *et al.*, 2006). Dans une étude réalisée dans neuf villes européennes chez les personnes âgées de 65 ans et plus, l'augmentation de la mortalité était jusqu'à trois fois plus élevée durant les épisodes de chaleur survenus en 2003 comparativement aux épisodes survenus de 1990 à 2002 et en 2004 (D'Ippoliti *et al.*, 2010). Pour les trois villes les plus touchées, l'excès de mortalité était de 7% (1990-2002, 2004) et 36% (2003) à Barcelone, de 8% (1990-2002, 2004) et 44% (2003) à Londres ainsi que de 6% (1990-2002, 2004) et 106% (2003) à Paris (D'Ippoliti *et al.*, 2010). Pour l'ensemble des neuf villes européennes, l'excès de mortalité toutes causes durant les épisodes de chaleur survenus de 1990 à 2002 et en 2004 a montré une grande variabilité géographique, variant de 8% à 34% selon la ville (D'Ippoliti *et al.*, 2010). La surmortalité durant l'épisode de chaleur survenu au début août 2003 en France a fait l'objet de deux études distinctes (Vandentorren *et al.*, 2004; Gremy *et al.*, 2004). L'excès de mortalité variait de 4% à 142% dans les 13 plus grandes villes de France du 1^{er} au 19 août 2003 (Vandentorren *et al.*, 2004) et de 89% à 171% selon le département, dans la région d'Île-de-France, pour un estimé global de 55% pour la France métropolitaine 1^{er} au 20 août 2003 (Gremy *et al.*, 2004). En Catalogne (Espagne), il a été

estimé que la mortalité journalière augmentait de 19% durant les épisodes de chaleur survenus de 1983 à 2006 et que le risque augmentait avec l'âge (Basagna *et al.*, 2011). À Belgrade (Serbie), durant l'épisode de chaleur survenu en 2007, l'excès de décès non traumatiques liés à la chaleur était de 38%, dont 90% étaient survenus chez les personnes âgées de 75 ans et plus (Bogdanovic *et al.*, 2013).

Asie

Une étude a estimé des taux de mortalité par 100 000 habitants selon 11 régions à Shanghai (Chine) pour les épisodes de chaleur survenus de 1998 à 2004 (Tan *et al.*, 2010). De manière générale, la surmortalité était plus élevée et ce, en particulier lors des épisodes de chaleur plus intenses survenus en 1998 et 2003, dans la région urbaine comparativement aux régions environnantes, ce qui coïncide avec la concentration d'ICU en zones urbaines. D'ailleurs, l'excès de mortalité durant l'épisode de chaleur survenu en 1998 était de 27 par 100 000 habitants dans la région urbaine examinée et variait de sept à 19 par 100 000 habitants dans les dix régions environnantes. Ainsi, l'excès de mortalité par 100 000 habitants variait selon l'épisode de chaleur et la région, étant de sept à 27 en 1998, de 0,4 en 1999 (un seul épisode survenu), de moins trois à deux en 2000, de -0,9 à cinq en 2001, de 0,4 à trois en 2002, de nulle à 17 en 2003 ainsi que de -0,2 à six en 2004.

Deux autres études, ayant estimé l'excès d'événements durant des épisodes de chaleur en comparaison avec des périodes de référence, ont été identifiées en Asie, l'une d'entre elle ayant porté sur sept villes coréennes (Son *et al.*, 2012) et l'autre sur la ville de Harbin en Chine (Lan *et al.*, 2012). Durant les épisodes de chaleur survenus durant les années 2000 à 2007, un excès non significatif de décès de 4% a été observé globalement dans sept villes coréennes, ce taux variait selon la ville et était uniquement significatif à Séoul où un excès de 8% a été observé (Son *et al.*, 2012). Lors d'analyses supplémentaires selon l'âge, réalisées seulement pour la ville de Séoul, Son et collaborateurs (2012) ont montré que les excès augmentaient avec l'âge (14% et 15% pour les personnes âgées de 65 à 74 ans et de 75 ans et plus respectivement) mais n'étaient pas significativement plus élevés comparativement aux autres groupes d'âge. Quelques années plus tard à Harbin en Chine, durant l'épisode de chaleur 2010, un excès significatif de mortalité de 41% a été observé mais il n'augmentait pas avec l'âge (Lan *et al.*, 2012).

Caractéristiques des épisodes de chaleur influençant la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur à l'échelle internationale

De nombreux facteurs influencent l'impact de la chaleur ou des épisodes de chaleur sur la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur, incluant l'intensité, la durée, le moment dans la saison estivale où les épisodes de chaleur surviennent, l'adaptation de la population face aux conditions extérieures de chaleur et les actions préventives des autorités de santé publique (Kovats et Hajat, 2008). De manière générale, les effets de la chaleur sont accrus lors d'épisodes de chaleur plus intenses, plus longs et survenant tôt ou étant le premier épisode d'une saison estivale donnée (D'Ippoliti *et al.*, 2010; Cerutti *et al.*, 2006; Anderson et Bell, 2011; Son *et al.*, 2012; Nitschke *et al.*, 2011). Tel que mentionné précédemment, la surmortalité chez les personnes âgées de 65 ans et plus dans neuf villes européennes était jusqu'à trois fois plus élevée durant les épisodes de chaleur survenus en 2003, considérés comme de durée et d'intensité élevées, comparativement aux épisodes survenus précédemment (1990 à 2002) ou encore à ceux survenus par la suite en 2004 (D'Ippoliti *et al.*, 2010). Un constat similaire chez les aînés (65 ans et plus) à Tessin en Suisse a été observé, le premier épisode de chaleur de 2003 étant associé à un excès de mortalité alors qu'aucun excès n'a été observé durant les deux épisodes de chaleur subséquents de la même année (Cerutti *et al.*, 2006). Des constats similaires ont aussi été observés auprès de la population générale des États-Unis et d'Adelaide en Australie (Anderson et Bell, 2011; Nitschke *et al.*, 2011). Dans une étude, réalisée dans 43 communautés des États-Unis, couvrant la saison chaude des années 1987 à 2005, l'excès de mortalité a été estimé à 5% pour les premiers épisodes de chaleur de l'été comparativement à un excès de 3% pour les épisodes subséquents (Anderson et Bell, 2011). À Adelaide en Australie, le risque de visites à l'urgence et d'hospitalisations durant les épisodes de chaleur survenus de 1993 à 2009 augmentait selon la durée de l'épisode alors que le risque de mortalité en 2009 augmentait avec l'intensité (Nitschke *et al.*, 2011). À Shanghai en Chine, durant les épisodes de chaleur de 1998 et 2003, la surmortalité était fortement associée avec la durée de l'épisode (Tan *et al.*, 2007).

En somme, l'ensemble de ces études suggèrent que les impacts de la chaleur sont très sensibles au contexte, variant grandement selon les caractéristiques sociodémographiques,

géographiques et climatiques. De plus, des enjeux méthodologiques, tels que la définition de l'exposition à la chaleur et la définition des événements liés à la chaleur, peuvent également influencer l'estimation de l'impact sanitaire des épisodes de chaleur sur la survenue d'événements de santé.

MORBIDITÉ ET MORTALITÉ OBSERVÉES LORS D'ÉPISODES DE CHALEUR AU CANADA ET AU QUÉBEC

Chaque année au Canada, il est estimé qu'environ 120, 121, 41 et 37 décès en excès en raison de la chaleur surviennent à Toronto, Montréal, Ottawa et Windsor respectivement (Canadian environmental health atlas, 2016; Cheng *et al.*, 2005). Toutefois, puisque ce sont des estimés annuels moyens, on ignore à quel pourcentage d'excès par rapport aux valeurs normales ces décès excédentaires représentent. Par contre, une étude réalisée en Colombie-Britannique a comparé les taux de mortalité pour des causes non traumatiques durant les saisons estivales (juin à août) des années 1986 à 2010 selon quatre écorégions (Henderson *et al.*, 2013). Les taux de mortalité à 30°C différaient selon les écorégions. En effet, l'écorégion la plus chaude, soit celle du « plateau sec », a montré une augmentation marginale de la mortalité de 4% alors que ce taux était de 19% pour l'écorégion la plus froide, c'est-à-dire l'écorégion du « Nord ». Pour les deux autres écorégions, de la « Côte » et des « Montagnes », l'augmentation du taux de mortalité était de 17% et 8% respectivement. En plus des différences liées aux conditions extérieures, les écorégions se distinguent quant à leur niveau social. L'augmentation du taux de mortalité était la plus élevée dans l'écorégion la plus froide où la survenue de jours chauds est rare, suggérant que la population est peu acclimatée à la chaleur. De plus, la présence d'air climatisé à la maison y est rare et on y observe des taux élevés de tabagisme et de population autochtone.

Au Québec, les taux d'incidence de décès, d'hospitalisations et d'admissions à l'urgence durant les épisodes de chaleur pour les années 2011 à 2014 sont présentés dans les bilans annuels produits avec les données annuelles du système de Surveillance et de prévention des impacts sanitaires des événements météorologiques extrêmes (SUPREME) qui a été implanté en mai 2010. Ces taux diffèrent selon les années et sont rapportés uniquement

pour les RSS ayant été touchées par des épisodes de chaleur extrême. Tel que mentionné précédemment (section : définition des termes liés à la chaleur), les seuils de température définissant les épisodes de chaleur extrême varient selon la RSS. En 2014, durant les épisodes de chaleur extrême, les taux d'incidence par 100 000 personnes-jours variaient de deux à trois pour les décès, de 26 à 30 pour les hospitalisations et de 185 à 390 pour les visites à l'urgence selon les régions (Bustinza *et al.*, 2015). Durant les épisodes de chaleur extrême survenus en 2013, les taux étaient de deux pour les décès, de 16 à 30 pour les hospitalisations et de 125 à 192 pour les visites à l'urgence par 100 000 personnes-jours (Bustinza *et al.*, 2014) alors qu'en 2012, ils étaient de deux à six pour les décès, de 14 à 27 pour les hospitalisations et de 120 à 273 pour les visites à l'urgence par 100 000 personnes-jours (Lebel et Bustinza, 2013) selon les régions. Les taux d'incidence par 100 000 personnes-jours observés en 2011 étaient de 0,005 à 0,007 pour les décès, de 0,04 à 0,07 pour les hospitalisations et de 0,2 à 0,4 pour les visites à l'urgence selon les RSS touchées (Bustinza et Lebel, 2012). Un important épisode de chaleur est survenu à l'été 2010 et les taux d'incidence qui y ont été observés pour les décès et les visites à l'urgence étaient respectivement de deux à trois et de 65 à 176 par 100 000 personnes-jour selon les RSS touchées (Bustinza *et al.*, 2013). Toutefois, les données concernant les hospitalisations n'étaient pas rapportées dans l'étude de Bustinza et collaborateurs publiée en 2013. Les bilans annuels des saisons estivales 2010 et 2012 ont également présenté des taux de décès selon l'âge où il est possible de constater que le risque de décès toutes causes durant les épisodes de chaleur augmente avec l'âge. En effet, en 2010 et en 2012, les taux étaient de 0,7 et 0,6 (0-64 ans), de quatre et cinq (65-74 ans) et de 21 et 18 (75 ans et plus) par 100 000 personnes-jour respectivement (Bustinza *et al.*, 2013; Lebel et Bustinza, 2013). Toutefois, c'est seulement lors de l'épisode de chaleur de 2010 que l'on observe une augmentation significative du risque de décès de 33% chez les personnes âgées de moins de 65 ans et ceux âgées de 75 ans et plus comparativement aux périodes de références (2005 à 2009). La vulnérabilité accrue des aînés à la chaleur a également été observée durant la saison estivale 2011 au Québec où 80% des décès toutes causes sont survenus chez les personnes âgées de 65 ans et plus (Bustinza et Lebel, 2012). De 2010 à 2014, seul l'épisode de chaleur de 2010 était associé à une augmentation significative d'événements morbides ou fatals lié à la chaleur comparativement aux périodes de référence. Durant cet épisode de

chaleur, survenu du 6 au 11 juillet 2010, la moyenne des températures maximales a dépassé, dans l'agglomération de Montréal, 33°C pendant cinq jours consécutifs et les températures minimales sont restées plus élevées que 20°C pendant neuf jours. Un excès de décès a été signalé dès le 7 juillet 2010 et, pour l'ensemble de l'épisode, 106 décès probablement ou possiblement attribuables à la chaleur ont été observés sur l'Île de Montréal (ASSS de Montréal, 2011). Durant la même semaine, un excès de 33% pour les décès et de 4% pour les visites à l'urgence a été observé dans l'ensemble de la province du Québec en comparaison avec la même période des années 2005 à 2009 (Bustinza *et al.*, 2013).

FACTEURS ASSOCIÉS À LA SURVENUE D'UN ÉVÉNEMENT MORBIDE OU FATAL LIÉ À LA CHALEUR

Afin de prévenir efficacement la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur, il est important d'identifier les facteurs y étant associés de manière positive (c.-à-d., les facteurs de risque) ou négative (c.-à-d., les facteurs de protection). Les études ayant identifié les facteurs de risque et de protection de ce type d'événements chez les personnes âgées vivant à domicile sont les plus pertinentes pour guider notre étude. En effet, tel que mentionné précédemment, les personnes âgées sont un sous-groupe de la population particulièrement vulnérable à la chaleur. Toutefois, peu d'études s'intéressant aux facteurs de risque et de protection ont été menées auprès d'un échantillon de personnes âgées. Dans cette section, les études réalisées chez les personnes âgées vivant à domicile ainsi que celles réalisées dans la population générale seront résumées. Toutefois, les études portant sur des populations spécifiques comme les travailleurs de la construction, les forces armées ou les aînés vivant dans des établissements pour personnes dépendantes ne sont pas incluses puisque la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur, très spécifique au contexte, serait trop différente de celle observée dans la population générale. Dans le cas des travailleurs de la construction et des forces armées, leur vulnérabilité accrue est liée à leurs conditions de travail. Dans le cas des aînés vivant dans des établissements pour personnes dépendantes, leur capacité d'adaptation à la chaleur dépend entre autres de la sensibilité et de la capacité des fournisseurs de soins à reconnaître les signes de troubles de

santé liés à la chaleur pouvant mener à la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur. Il est à noter que la majorité des troubles de santé liés à la chaleur surviennent parmi les aînés en communauté. Les écrits scientifiques suggèrent d'ailleurs que les décès liés à la chaleur surviennent principalement chez les aînés vulnérables vivant seuls à la maison, qui manquent de support social et qui ne recherchent pas d'assistance (Westaway *et al.*, 2015).

Facteurs de risque et de protection de décès liés à la chaleur dans la population générale

Une méta-analyse regroupant six études cas-témoins dans des populations américaines ou européennes générales, incluant les aînés, a identifié les principaux facteurs associés aux décès liés à la chaleur (Bouchama *et al.*, 2007). Les facteurs de risque associés à un risque significativement accru de décès liés à la chaleur incluent le fait d'être confiné au lit (RC [rapport de cotes]=6,4; IC [intervalle de confiance] à 95% : 4,5-9,2), d'être incapable de prendre soin de soi-même (RC=3,0; IC à 95% : 1,8-4,8), de ne pas quitter la maison tous les jours (RC=3,4; IC à 95% : 1,6-6,9), de prendre de la médication psychotrope (RC=1,9; IC à 95% : 1,3-2,8) ainsi que le fait de souffrir de maladies cardiovasculaires (RC=2,5; IC à 95% : 1,3-4,8), mentales (RC=3,6; IC à 95% : 1,3-9,8) ou pulmonaires (RC=1,6; IC à 95% : 1,2-2,1). À l'opposé, le fait d'avoir des contacts sociaux fréquents (RC=0,4; IC à 95% : 0,2-0,8), d'avoir l'air climatisé fonctionnel à la maison (RC=0,2; IC à 95% : 0,1-0,6) et de visiter des endroits climatisés (RC=0,3; IC à 95% : 0,2-0,5) sont des facteurs protecteurs, diminuant le risque de décès liés à la chaleur. Toutefois, dans cette méta-analyse, le fait de vivre seul, d'avoir un ventilateur fonctionnel et de prendre des douches supplémentaires n'étaient pas associés aux décès liés à la chaleur. L'âge n'a pas été considéré comme un facteur de risque.

Une série de cas regroupant 27 décès liés à la chaleur a été menée au Wisconsin (États-Unis) durant l'été 2012 (Christenson *et al.*, 2013). Les informations sur les décès et les facteurs de risque ont été recueillies par les services de santé publique (*Wisconsin Division of Public Health*), les certificats de décès et les rapports d'enquête des coroners et des médecins légistes. Les décès ont été considérés comme liés à la chaleur lorsque le mot « chaleur » (p. ex. : coup de chaleur, exposition à la chaleur extrême ou stress thermique dû

à l'environnement) ou les mots « hyperthermie » ou « hyperthermique » étaient répertoriés parmi les causes primaires, sous-jacentes ou ayant contribué du décès. La chaleur comme cause primaire du décès a été identifiée dans 70% des cas et comme cause sous-jacente du décès dans le 30% restant. Au total, 52% des cas sont survenus chez les femmes et se répartissent comme suit: moins de 20 ans (aucun), 20 à 44 ans (4%, n=1), 45 à 64 ans (26%, n=7), 65 à 84 ans (56%, n=15) et 85 ans et plus (15%, n=4). Chacun de ces 27 cas présentait au moins un facteur de risque connu : 100% d'entre eux n'avaient pas d'air climatisé résidentiel fonctionnel, 70% étaient âgés de 65 ans et plus, 75% souffraient d'une maladie cardiovasculaire et 52% avaient un trouble de santé mentale dont la moitié prenait un médicament psychotrope.

Une étude similaire, toujours aux États-Unis mais dans quatre États distincts, plus précisément au Maryland, en Ohio, en Virginie et en Virginie Occidentale, a regroupé 32 décès survenus durant un épisode de chaleur de deux semaines, soient du 30 juin au 13 juillet 2012 (Centers for Disease Control and Prevention, 2013). Les informations sur les décès ont été recueillies auprès des bureaux d'état du médecin légiste ou de l'état civil. Les certificats de décès et les dossiers des médecins légistes ont été analysés et les décès ont été considérés comme liés à la chaleur lorsque l'exposition à la chaleur excessive a causé ou contribué de manière significative au décès. L'âge médian des 32 personnes décédées était de 65 ans (variant de 28 à 89 ans) et environ le trois-quarts d'entre eux étaient non mariés ou vivaient seuls (75%). Les conditions sous-jacentes ou ayant contribué au décès incluaient les maladies cardiovasculaires (44%) et respiratoires (18%). Vingt-deux individus sont décédés à la maison (69%) dont la majorité n'avait pas d'air climatisé (n=20; 91%). Seulement cinq des 32 personnes décédées avaient un air climatisé fonctionnel mais ce dernier n'avait pas été utilisé durant l'épisode de chaleur.

Au Québec, une série de cas regroupant 106 décès probablement ou possiblement en lien avec la chaleur a été menée à Montréal durant l'épisode de chaleur survenu du 6 au 11 juillet 2010 (ASSS de Montréal, 2011). Le système de vigie sanitaire de la DSP de Montréal collige des données journalières sur le nombre de décès, toutes causes confondues, tel que rapportés par les hôpitaux, les centres hospitaliers de soins de longue durée et la Corporation d'urgences-santé, cette dernière rapportant les décès survenus en

communauté. Durant l'épisode de chaleur de 2010, la vigie sanitaire a enregistré un total de 346 décès toutes causes et, après étude des dossiers médicaux des personnes décédées, 106 décès en excès probablement ou possiblement attribuables à la chaleur ont été identifiés. Les cas étaient classifiés comme probablement attribuables à la chaleur si les intervenants indiquaient une chaleur excessive dans le domicile (c.-à-d., l'absence d'air climatisé) combinée à l'une des trois conditions suivantes : 1) coup de chaleur, infarctus du myocarde et/ou insuffisance cardiaque comme cause de décès, 2) intoxication due à l'éthylisme ou 3) cancer qui n'est pas en phase avancée. Ensuite, les cas étaient classés comme possiblement attribuables à la chaleur si l'une ou l'autre de ces conditions était remplies : 1) infarctus du myocarde et/ou insuffisance cardiaque comme cause de décès, 2) indication de chaleur excessive dans le domicile par les intervenants (c.-à-d., l'absence d'air climatisé), 3) cancer en phase avancée ou 4) suspicion d'intoxication due à l'éthylisme ou surdose à domicile. Au total, 106 décès probablement ou possiblement en lien avec la chaleur ont été identifiés, la majorité d'entre eux étant survenus en communauté (n=93, 88%). L'âge médian des 93 personnes décédées en communauté était de 73,5 ans (variant de 19 à 102 ans). Quoiqu'un devis de séries de cas ne permet pas d'établir de relation causale, les facteurs de risque (c.-à-d., les maladies sous-jacentes présentent de manière simultanées ou non) identifiés chez les cas étaient principalement de type cardiovasculaire (n=55) ou liés à la santé mentale (n=31). Plus précisément, les facteurs de type cardiovasculaire incluaient les maladies coronariennes, l'insuffisance cardiaque, l'hypertension et le diabète alors que les facteurs liés à la santé mentale incluaient principalement la schizophrénie puis, moins fréquemment, la dépression, la bipolarité, l'éthylisme et la toxicomanie.

Facteurs de risque et de protection de décès liés à la chaleur chez les personnes âgées

Une étude à Modène en Italie, regroupant 197 paires de cas et de témoins âgés de plus de 70 ans (appariés pour l'âge, le sexe et le lieu de résidence), visait à identifier les facteurs de risque (rapportés par les médecins de famille) de décès liés à la chaleur survenus du 1^{er} au 30 août 2003, le mois d'août étant le plus chaud de l'année à Modène (Foroni *et al.*, 2007). Dans les analyses multivariées, le fait de passer l'été à Modène, la perte d'autonomie (c.-à-d., dépendance dans au moins une activité de la vie quotidienne [AVQ]), le fait de recevoir des soins à domicile et la multimorbidité mesurée par le Score *Cummulative Illness Rating*

Scale étaient des facteurs de risque indépendants associés à une augmentation du risque de décès. Bien que la prise de médication était associée à un risque accru de décès lié à la chaleur dans les analyses bivariées, ce facteur n'a pas été retenu dans le modèle multivarié final après ajustement pour l'autonomie et la multimorbidité. De plus, il est à noter que la mesure de la médication était très peu spécifique, soit la prise d'au moins quatre médicaments, tous types confondus.

Facteurs de risque et de protection d'événements morbides liés à la chaleur dans la population générale

De manière générale, la morbidité liée à la chaleur a été beaucoup moins étudiée que la mortalité. Pourtant, la connaissance approfondie des facteurs associés à la morbidité liée à la chaleur est essentielle au développement et à la mise en œuvre de stratégies préventives efficaces puisque 1) les événements morbides sont plus fréquents que les décès liés à la chaleur, 2) ces derniers peuvent avoir un impact significatif sur la santé globale et le bien-être de la population, en particulier la personne âgée, et 3) les facteurs de risque et de protection pourraient différer de ceux associés à la mortalité liée à la chaleur.

Une étude transversale a été réalisée au cours de l'été 2011 auprès de personnes vivant dans les bidonvilles d'Ahmedabad en Inde, une population vulnérable en termes de revenu et d'accès aux services de base (Tran *et al.*, 2013). Au total, 300 ménages ont été recrutés. Les personnes s'étant identifiées comme chefs de famille ont été interrogées concernant l'ensemble des personnes vivant dans leur ménage, ce qui a fourni de l'information pour un total de 1650 individus. Au total, 12% des participants ont déclaré avoir déjà souffert, au cours de leur vie, d'une MLC diagnostiquée par un professionnel de la santé. Les boutons, l'œdème et l'épuisement liés à la chaleur sont les principales MLC ayant été diagnostiquées, les problèmes plus graves comme les coups de chaleur et l'hyperthermie étaient plus rares (1%). Dans les analyses multivariées, la présence d'une maladie chronique, de diarrhée ou d'une maladie infectieuse préexistantes et le fait de ne pas rechercher d'information sur les troubles de santé liés à la chaleur avant les épisodes de chaleur ont été associés à un risque accru de MLC. La relation entre le sentiment d'appartenance sociale, évalué par le *Social Connectedness Score*, et la survenue d'une MLC a également été examinée dans les analyses multivariées. Une connectivité sociale

dite modérée a été associée à une probabilité accrue de MLC comparativement à une connectivité sociale dite élevée. Toutefois, cette relation n'a pas été observée dans le cas d'une connectivité faible.

Une autre étude transversale, cette fois réalisée aux États-Unis de 2001 à 2010, a examiné les facteurs de risques individuels et environnementaux des hospitalisations secondaires aux MLC auprès de la population générale à l'échelle nationale (Schmeltz *et al.*, 2015). Des données médico-administratives ont été utilisées. Au total, 14 949 individus ayant eu un diagnostic de MLC (défini comme la survenue d'au moins un diagnostic causé par la chaleur durant la période estivale [mai à septembre] des années de 2001 à 2010) ont été comparés à 37 019 792 personnes ayant eu une hospitalisation pour une autre raison durant la même période. Les facteurs de risque indépendants associés à un diagnostic de MLC étaient les suivants : appartenir à une minorité ethnique, être un homme, être âgé de plus de 40 ans, se trouver dans le quartile de revenu inférieur au 75^{ème} percentile ainsi que ne pas avoir d'assurance santé. En ce qui a trait aux facteurs de risque médicaux, les personnes souffrant de troubles neurologiques et de psychoses avaient un risque accru d'hospitalisation pour une MLC. Toutefois, les personnes souffrant de maladies cardiovasculaires, de diabète, d'insuffisance rénale et de maladies pulmonaires n'avaient pas un risque accru d'hospitalisation pour une MLC, mais avaient plutôt un risque moins élevé (facteurs de protection). Selon les auteurs, ces résultats étonnants seraient dus au fait que les autres types d'hospitalisation (groupe de comparaison) sont très fréquents chez les personnes avec ces conditions médicales. La possibilité d'un biais de sélection (sélection du mauvais groupe témoin) peut donc être soulevée. En outre, des artefacts peuvent avoir été introduits si la gravité de l'affection sous-jacente et les comorbidités ont amené les professionnels de la santé à sous-diagnostiquer ou à sous-estimer les MLC au dépend d'un autre diagnostic, ce qui représente un biais d'information potentiel non négligeable.

Facteurs de risque et de protection d'événements morbides liés à la chaleur chez la personne âgée

Parmi les rares études ayant porté spécifiquement sur la morbidité liée à la chaleur chez les personnes âgées, une étude a été réalisée en France lors de l'épisode de chaleur survenu du 1^{er} au 15 août 2003. Cette étude transversale avait pour objectif de mesurer l'impact de cet

épisode de chaleur sur la morbidité des personnes âgées de 67 ans et plus ayant participé à deux cohortes (PAQUID et Three City) et de déterminer les facteurs individuels qui y étaient associés (Larrieu *et al.*, 2008). La morbidité liée à la chaleur a été définie comme la survenue, déclarée par le participant ou par un proche, de vertiges (*dizzy spell*), de chutes, de pertes d'équilibre, d'hospitalisations ou de décès durant l'épisode de chaleur. Les résultats suggèrent d'abord que la morbidité était importante et plus élevée que la mortalité durant l'épisode de chaleur. Dans les analyses multivariées, une augmentation du risque de morbidité a été observée chez les personnes souffrant de maladies respiratoires (RCA [rapport de cotes ajusté]=3,3; IC à 95% : 1,9-5,7), neurologiques (RCA=3,0; IC à 95% : 1,4-6,3), cardiovasculaires (RCA=1,8; IC à 95% : 1,1-3,0) et de diabète (RCA=1,6; IC à 95% : 1,0-2,6). Le risque a été examiné de manière individuelle pour chacune des maladies chroniques, l'impact de la multimorbidité n'a pas été étudié. Des facteurs de risque sociaux ont également été associés à la morbidité liée à la chaleur, soit l'impossibilité de ventiler la maison, le fait de vivre dans une seule pièce et l'arrêt des activités usuelles. Un faible niveau d'éducation (niveau primaire) a été identifié comme un facteur protecteur dans l'étude Three City (RCA=0,5; IC à 95% : 0,3-0,9), mais ce résultat étonnant n'a pas été discuté par les auteurs. Finalement, la médication n'a pas été examinée dans cette étude.

Impact de la chaleur au Québec

La vulnérabilité de la population générale et des aînés à la chaleur a été très peu étudiée au Québec. Une étude transversale auprès de 3 485 individus âgés de 18 ans et plus vivant dans les aires de diffusion très défavorisées des neuf villes les plus peuplées au Québec a été réalisée sur une période d'un an, soit du 20 décembre 2010 au 20 décembre 2011 (Bélanger *et al.*, 2014). Celle-ci visait à identifier les sous-groupes sociodémographiques, culturels et économiques déclarant que leur santé était négativement affectée par les températures estivales très chaudes et humides. Les impacts perçus sur la santé physique et mentale étaient classifiés comme suit : pas du tout, légèrement, modérément ou grandement affecté. Seules les catégories «modérément» et «grandement» affecté ont été considérées comme ayant un impact. Au total, 44% des participants ont déclaré des impacts sur leur santé physique et 18% sur leur santé mentale lors de températures estivales très chaudes et humides. Les facteurs associés aux impacts sur la santé physique et mentale ont été

identifiées dans le cadre d'analyses multivariées globales et stratifiées selon le groupe d'âge (<65 ans et ≥65 ans). Dans les analyses multivariées globales, le fait d'être une femme, d'être âgé de moins de 65 ans, d'avoir un revenu annuel de moins de 15 000\$, d'être en congé de maladie de longue durée, d'avoir l'air climatisé à la maison, de déclarer au moins deux diagnostics de maladies chroniques, de percevoir son état de santé comme passable ou mauvais et de percevoir la plupart des jours comme étant plutôt ou extrêmement stressants étaient tous des facteurs de risque indépendants. Parmi les personnes âgées de 65 ans et plus, les facteurs associés de manière indépendante à un risque accru d'impacts sur la santé étaient les suivants : le fait d'avoir un revenu annuel de moins de 15 000\$, d'avoir l'air climatisé à la maison, d'avoir au moins deux diagnostics de maladies chroniques et un état de santé perçu passable ou mauvais ainsi que la perception que la plupart des jours sont plutôt ou extrêmement stressants. Contrairement à ce que la majorité des écrits scientifiques suggèrent, la présence d'air climatisé à la maison était associée à un risque accru de l'impact perçu sur la santé dans cette étude. Bélanger et collaborateurs estiment que ce pourrait être dû au devis transversal de leur étude. Une autre hypothèse est que l'exposition à l'air climatisé à la maison pourrait réduire l'adaptation physiologique normale d'une personne, ce qui pourrait potentiellement augmenter les impacts de la chaleur sur sa santé lorsqu'elle s'y expose. Il est également possible que les personnes qui perçoivent davantage les effets de la chaleur soient plus susceptibles de se procurer un système d'air climatisé que ceux qui ne les perçoivent pas. Un facteur de confusion pourrait donc être introduit par la façon de mesurer la survenue d'impacts de la chaleur sur la santé, qui est basée sur la perception des personnes. Un autre résultat contradictoire aux écrits scientifiques est le fait que les aînés seraient moins susceptibles de déclarer des impacts sur leur santé lors des températures estivales très chaudes et humides alors que ce sous-groupe de la population est considéré particulièrement vulnérable à la chaleur. La subjectivité de la mesure pourrait être en cause. En effet, les personnes âgées pourraient avoir une perception plus faible des conséquences de la chaleur sur leur santé, particulièrement en raison des changements physiologiques (p. ex. : la réduction de la thermorégulation) ou de changements perceptuels (p. ex. : la réduction de la perception de la chaleur et de la soif), qui sont associées à l'avancement en âge.

VULNÉRABILITÉ CUMULATIVE À LA CHALEUR

Dans une perspective de santé publique, la vulnérabilité peut être définie comme la somme des facteurs de risque et de protection qui déterminent, ultimement, si une population est à risque élevé de troubles de santé liés aux changements climatiques et plus spécifiquement à la chaleur (Bao *et al.*, 2015). Cette vulnérabilité varie selon le rythme et l'ampleur des changements climatiques ainsi que selon la sensibilité et la capacité d'adaptation à la chaleur. Cette vulnérabilité a été illustrée par certains auteurs via des indices de vulnérabilité à la chaleur (IVC). L'examen de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur selon le lieu et les sous-types de population permet aux intervenants et aux décideurs de mieux cibler les populations les plus à risque d'être affectées par la chaleur et influence la distribution des ressources sur le territoire. La récente recension des écrits de Bao et collaborateurs (2015) regroupe 15 études ayant examiné la vulnérabilité cumulative à la chaleur, via des IVC. On dresse le constat que ces dernières ont principalement été réalisées en Europe et aux États-Unis. Or, puisque des variations existent selon le lieu, les auteurs recommandent que davantage de pays et de régions évaluent spécifiquement leur vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur. De plus, la sélection des indicateurs constituant ces IVC varient grandement selon les études et un poids équivalent est souvent associé à chacun d'entre eux. Quoique certains indicateurs communs tels que l'âge, la pauvreté et l'éducation devraient être inclus dans les IVC, les auteurs de cette recension des écrits (Bao *et al.*, 2015) estiment qu'il est nécessaire d'adapter les indicateurs afin d'optimiser les IVC et de s'assurer qu'ils soient valides et spécifiques pour prédire la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur selon les régions et les contextes. De plus, les auteurs soulignent le fait que davantage d'études sur la valeur prédictive de ces IVC sont nécessaires avant de pouvoir utiliser ces derniers dans la pratique clinique (Bao *et al.*, 2015).

Ainsi, les IVC permettent d'identifier les zones ou sous-types de populations les plus à risque d'être affectées par la chaleur. La vulnérabilité aux événements morbides ou fatals selon les régions a été examinée par certains auteurs à l'aide des IVC et leurs études sont résumées ci-dessous. Les indicateurs composant ces IVC incluent principalement des facteurs de risque sociaux et environnementaux tels que l'âge avancé, la faible éducation,

l'appartenance à une minorité ethnique, le fait de vivre seul (Reid *et al.*, 2009; Harlan *et al.*, 2013; Johnson *et al.*, 2012), la pauvreté (Reid *et al.*, 2009; Harlan *et al.*, 2013), le faible revenu (Johnson *et al.*, 2012), le fait d'être entouré de peu d'espaces verts (Reid *et al.*, 2009), ou vivre dans des zones dépourvues de végétation (Harlan *et al.*, 2013), la haute température à la surface du sol (Harlan *et al.*, 2013; Johnson *et al.*, 2012) et l'indice de la végétation par différence normalisée (mesure de l'abondance de la végétation) [Johnson *et al.*, 2012]. Plus rarement, des facteurs médicaux, tels que le diabète (Reid *et al.*, 2009), ainsi que l'absence de facteurs de protection, notamment le fait d'avoir un système de climatisation, central ou non (Reid *et al.*, 2009; Harlan *et al.*, 2013), ou un système de refroidissement par évaporation (Harlan *et al.*, 2013) ont été inclus dans les IVC. Au Québec, un indice de vulnérabilité sociale des communautés aux événements liés à la chaleur a été développé et inclut quatre facteurs soient l'âge avancé, le faible revenu, l'isolement social et la faible éducation (Vescovi *et al.*, 2005). À notre connaissance, seulement une étude a examiné spécifiquement la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur des personnes âgées (Rinner *et al.*, 2011). L'étude ontarienne de Rinner et collaborateurs (2011) a proposé un IVC mesuré à l'échelle des communautés qui a été utilisé pour cartographier la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur chez les aînés. Cet IVC comprend des facteurs spécifiques pour les aînés, notamment la proportion de personnes de 75 ans et plus, la fragilité, l'invalidité et le fait de consacrer 30% ou plus du revenu familial au logement. Plusieurs facteurs de risque importants, tels que les troubles de santé préexistants, la médication et les liens sociaux entre les individus au sein d'une communauté, n'ont pu être inclus dans les IVC proposés jusqu'à présent en raison d'un manque de disponibilité des données (Vescovi *et al.*, 2005; Reid *et al.*, 2009; Harlan *et al.*, 2013; Johnson *et al.*, 2012; Rinner *et al.*, 2011). L'inclusion de facteurs de protection majeurs a également été restreinte par la disponibilité des données dans les sources de données utilisées. Par exemple, l'air climatisé a été inclus dans quelques IVC (Reid *et al.*, 2009; Harlan *et al.*, 2013), mais pas dans d'autres (Vescovi *et al.*, 2005; Johnson *et al.*, 2012; Rinner *et al.*, 2011).

La majorité des IVC ont été développés en suivant la méthode proposée par Reid et collaborateurs (Reid *et al.*, 2009). Brièvement, une analyse en composante principale est appliquée et, pour chacun des facteurs retenus, une plage de valeurs possibles (où les plus

élevées correspondent à une vulnérabilité accrue) est assignée et la somme de ces valeurs constitue l'IVC. Des cartes de vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur illustrant les zones géographiques les plus à risque sur l'ensemble de celles étudiées peuvent être créées grâce aux IVC. En utilisant cette méthode, une variation géographique importante de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur a pu être observée dans la ville de Toronto (Ontario, Canada) [Rinner *et al.*, 2011] et dans certains états des États-Unis selon les îlots ou les secteurs de recensement (Reid *et al.*, 2009; Harlan *et al.*, 2013; Johnson *et al.*, 2012). De plus, l'indice de vulnérabilité social prédisant la vulnérabilité des communautés aux événements de chaleur développé par Vescovi et collaborateurs a montré que la vulnérabilité était plus élevée dans des secteurs spécifiques de toutes les régions du Québec, quoique l'Est de Montréal soit le plus vulnérable (Vescovi *et al.*, 2005).

Les IVC sont particulièrement utiles pour identifier les zones ou les sous-groupes de population les plus à risque de souffrir de la chaleur. Toutefois, tel que mentionné dans la recension des écrits de Bao, davantage d'études sur la valeur prédictive des IVC sont nécessaires avant de pouvoir utiliser ces derniers dans la pratique clinique (Bao *et al.*, 2015). De plus, des IVC, mesurés à l'échelle individuelle, seraient particulièrement pertinents pour prédire le risque individuel de souffrir de la chaleur. Cependant, pour être largement utilisés, de tels indices devraient être relativement simples à calculer.

SYNTHÈSE ET ANALYSE CRITIQUE DES ÉCRITS SCIENTIFIQUES

En résumé, les changements climatiques provoqueront une augmentation des températures moyennes à la surface du globe, menant à la survenue d'épisodes de chaleur de plus en plus fréquents et intenses qui seront associés à une survenue accrue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur. L'impact des épisodes de chaleur varie grandement selon la position géographique (p. ex. : les régions), les caractéristiques sociodémographiques (p. ex. : l'âge avancé, l'urbanisation) et les conditions climatiques (p. ex. : la durée et l'intensité de l'épisode de chaleur).

Plusieurs facteurs influencent la vulnérabilité d'un individu à la chaleur. Les études recensées portant sur la relation entre les facteurs de risque et de protection associés à la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur ont permis d'identifier plusieurs facteurs de vulnérabilité. Des facteurs de risque médicaux, comme les maladies cardiovasculaires, respiratoires, psychiatriques ou mentales, ont été identifiées dans certaines études. Les quelques études ayant examiné le rôle de la médication suggèrent que la médication psychotrope est associée de manière indépendante aux conséquences fatales liées à la chaleur, ce qui ne semble pas le cas pour d'autres classes de médicaments. Des facteurs de risque liés à la perte d'autonomie (définie de plusieurs façons : la dépendance dans les AVQ, l'incapacité à prendre soin de soi, le confinement au lit ou au fauteuil, la nécessité de soins à domicile), sont fréquemment identifiés. En ce qui a trait aux facteurs sociaux, le fait de vivre seul et de ne pas quitter la maison régulièrement ont aussi été identifiés. Par ailleurs, l'air climatisé à domicile ou le fait de visiter des endroits avec l'air climatisé seraient des facteurs protecteurs, tout comme le fait d'avoir des contacts sociaux fréquents.

À ce jour, les études visant à identifier les facteurs de risque ou de protection prédisant la survenue des événements liés à la chaleur étaient, pour la plupart, de type transversal ou cas-témoins. De plus, plusieurs études ont porté sur des épisodes de chaleurs spécifiques et la mesure des événements et de leurs facteurs de risque et de protection étaient basées sur des données déclarées. Des biais d'information sont possibles dans la plupart des études cas-témoin mentionnées, puisque les données sur les facteurs de risque ont été colligées de manière différentielle chez les cas (décédés) et les témoins (vivants). En effet, la majorité des études s'appuyaient sur des données déclarées par des répondants au nom des personnes décédées (cas) et des données déclarées par les participants pour eux-mêmes (témoins). La collecte rétrospective des données, typique du dispositif cas-témoin, peut aussi avoir amené un biais d'information.

En ce qui concerne la mesure des événements morbides ou fatals, les données ont principalement été mesurées soit via des banques de données médico-administratives ou via des données déclarées par les participants. D'une part, les banques de données médico-administratives fréquemment utilisées étaient les certificats de décès, les rapports d'enquête

des coroners ou des médecins légistes ainsi que les dossiers médicaux des centres hospitaliers. D'autre part, les événements peuvent avoir été mesurés à l'aide de données déclarées par les participants ou leurs répondants, comme déclarer avoir déjà reçu un diagnostic de troubles de santé lié à la chaleur, déclarer un événement (p. ex. : hospitalisation) ou alors déclarer avoir perçu des impacts sur sa santé physique ou mentale lors de jours de température élevée ou de périodes de chaleur. De manière générale, l'utilisation de données médico-administratives est avantageuse par rapport aux données auto-déclarées, sa facilité d'accès permettant d'obtenir de l'information sur un nombre élevée de sujets. Qu'ils proviennent de banque de données médico-administrative ou qu'ils soient auto-déclarés, ces événements peuvent être considérés comme liés à la chaleur de deux façons dans les écrits scientifiques : 1) si leur survenue était durant un épisode de chaleur, ou 2) sur la base de critères précis, c'est-à-dire la nécessité que la chaleur soit listée comme cause primaire ou sous-jacente aux événements dans les dossiers médicaux ou les certificats de décès. L'utilisation de tels critères basés sur une indication de chaleur permet de détecter spécifiquement les MLC dans les banques de médico-administratives mais peut engendrer un biais d'information par une classification erronée des causes de décès consignées dans les dossiers médicaux ou les certificats de décès. Ces critères, possiblement trop spécifiques, peuvent mener à une sous-estimation des cas de MLC (plusieurs faux négatifs). Quoiqu'on ne puisse certifier que cette problématique soit systématique et dans le même sens, les faux négatifs sont fréquents alors que les faux positifs (c.-à-d., classifier un événement comme lié à la chaleur alors qu'il ne l'est pas en réalité) sont peu probables. Ainsi, un enjeu de taille lorsqu'on désire évaluer les impacts sanitaires de la chaleur, incluant les effets indirects, est lié au fait que la chaleur, comme cause sous-jacente à la survenue de divers événements morbides ou fatals, n'est pas souvent reconnue par les individus affectés ni même par les professionnels de la santé. Une approche plus globale, estimant les événements toutes causes confondues, peut donc être privilégiée. Ensuite, si ces événements surviennent rapidement dans le cas des effets directs de la chaleur, ils peuvent survenir jusqu'à 15 jours suivant les jours de chaleur dans le cas des effets indirects, tel que la mortalité par maladies respiratoires. Par conséquent, certaines études incluent, dans leur définition d'épisode de chaleur, les jours chauds ainsi que les jours suivants; généralement au moins trois jours chauds consécutifs atteignant un seuil

prédéfini de température considéré comme élevée auxquels on ajoute les trois jours suivants. Cette méthode permet d'estimer les effets retardés de la chaleur mais, en contrepartie, il est possible que l'on considère des événements comme liés à la chaleur alors qu'ils ne le sont pas.

De plus, aucune analyse multivariée prenant en compte à la fois les maladies chroniques et la médication associée n'a été réalisée jusqu'à maintenant, menant possiblement à des biais de confusion. Cet examen simultané serait également particulièrement utile pour déterminer dans quelle mesure le risque d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur est dû à la médication (p. ex. : diurétiques) comparativement à la maladie chronique sous-jacente pour laquelle la médication est prescrite (p. ex. : maladie cardiovasculaire). Un autre biais de confusion potentiel, suggéré par quelques auteurs est la qualité de l'air (p. ex. : smog) qui survient souvent de manière concomitante aux épisodes de chaleur et serait associé à une augmentation de la survenue des événements. Toutefois, dans la seule étude ayant examiné ce facteur dans la recension des écrits présentée plus haut, la pollution de l'air n'était pas associée à un risque accru d'événements (Feroni *et al.*, 2007). Selon les quelques études recensées, la pollution de l'air peut n'avoir aucun impact sur la relation entre la température et la morbidité/mortalité, ou être variable de confusion (Ye *et al.*, 2012; Kovats et Hajat, 2008; Basu, 2009; Aström *et al.*, 2011). Toutefois, il a été suggéré que les effets de la chaleur persistent même après avoir ajusté les analyses pour cette variable (Kovats et Hajat, 2008) et que la température et la pollution de l'air auraient des effets distincts sur la mortalité (Basu, 2009).

Somme toute, les biais nommés précédemment peuvent avoir des impacts distincts sur les résultats observés dans les études. Dans le cas des biais de confusion, il est possible que le fait d'avoir une information manquante sur un facteur de confusion potentiel nous dirige de façon erronée sur l'importance d'un facteur de risque ou de protection sur la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur alors qu'il n'en serait pas vraiment un. Dans le cas des biais d'information tels que les biais de mémoire (sous-estimation de la fréquence des facteurs de risque ou de protection) ou les biais de classifications dans les banques de données médico-administratives (sous-estimation de la fréquence des événements morbides ou fatals liés à la chaleur), une sous-estimation des mesures

d'association est possible. Finalement, un enjeu de puissance statistique peut également être soulevé pour certaines études où le nombre de participants était relativement faible.

CADRE CONCEPTUEL

Tel qu'il est possible de le constater suite à la section sur la recension des écrits de ce mémoire, plusieurs facteurs de risque et de protection aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur ont été identifiés dans les écrits scientifiques, et ce, dans plusieurs contextes distincts notamment en termes de lieux et de population étudiée. Toutefois, ces facteurs diffèrent entre les études et ont été identifiés de manière plus ou moins constante entre les études. Dans cette optique, le document de Santé Canada intitulé : « Lignes directrices à l'intention des travailleurs de la santé pendant les périodes de chaleur accablante : un guide technique » (Santé Canada, 2011) visait à identifier les principaux facteurs associés aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur découlant des écrits scientifiques nationaux et internationaux, ces facteurs ayant été sélectionnés au moyen d'une approche systématique fondée sur plusieurs critères. À partir de ces lignes directrices, un cadre conceptuel a été développé dans le cadre de cette étude et présenté en détail à l'article 1 présenté ci-dessous. Brièvement, tous les facteurs retenus pour cette étude ont été identifiés dans les lignes directrices de Santé Canada et regroupés en cinq grandes catégories soit les troubles de santé, la prise de médication, les facteurs de risque sociaux et environnementaux ainsi que les facteurs de protection.

ÉVÉNEMENTS LIÉS À LA CHALEUR EXAMINÉS

Tel qu'il est décrit dans la section portant sur la synthèse et l'analyse critique des écrits scientifiques, plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour mesurer les événements morbides ou fatals liés à la chaleur. L'utilisation de données médico-administratives a été privilégiée pour cette étude, ce qui nous a permis d'avoir de l'information sur la survenue de visites à l'urgence, d'hospitalisations et de décès sur un échantillon de personnes âgées assez élevé (n=1233). Une approche globale estimant les événements, toutes causes

confondues, survenant lors de jours de chaleur a été privilégiée. Ce choix permet d'estimer les impacts directs et indirects de la chaleur, et d'éviter le biais de classification des causes des événements puisque la chaleur est rarement reconnue comme cause sous-jacente aux événements liés à la chaleur. Les événements ont été considérés comme liés à la chaleur s'ils survenaient un jour de température élevée (température maximale $\geq 30^{\circ}\text{C}$) durant les saisons estivales 2006 à 2010. Certaines études sur la mortalité considérant des épisodes de chaleur les définissaient comme au moins trois jours consécutifs de température élevés auxquels les trois jours suivants étaient ajoutés. Cette méthode n'a pas été retenue pour éviter de définir les visites à l'urgence, les hospitalisations et les décès comme liés à la chaleur alors qu'ils ne le sont pas en réalité.

PERTINENCE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Malgré que les événements morbides ou fatals liés à la chaleur soient une réalité amenée à croître dans les années à venir, ce phénomène n'a été que très peu étudié chez les aînés, et encore moins chez les aînés du Québec, ce qui limite la capacité des travailleurs du RSSS à développer et implanter des stratégies de prévention ciblées chez cette population vulnérable. Il est pertinent d'examiner les troubles de santé liés à la chaleur en utilisant un devis prospectif, ce dernier étant un devis plus robuste, notamment pour clarifier la chronologie des événements et réduire le biais d'information puisque les données sur les facteurs de risque et de protection y sont collectées avant la survenue des événements mesurés. Il serait approprié de mener une telle étude auprès d'un large échantillon d'aînés pour augmenter la puissance statistique, considérant la relative faible incidence des événements morbides ou fatals liés à la chaleur observée dans les écrits scientifiques jusqu'à maintenant. De plus, l'examen simultané des principaux facteurs de risque, incluant la présence de maladies chroniques et la prise de médicaments, ainsi que les facteurs sociaux et environnementaux, permettrait d'examiner leur effet indépendant sur la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur, évitant ainsi le risque de confusion. Enfin, un IVCPA mesuré à l'échelle individuelle, simple et facile à calculer, pour illustrer la vulnérabilité cumulative des aînés à la chaleur pourrait être particulièrement pertinent

pour les intervenants du RSSS et du milieu communautaire afin d'identifier et de protéger leur clientèle la plus vulnérable.

Cette étude poursuit donc les quatre objectifs spécifiques suivants : 1) Dresser le portrait de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur des aînés du Sud du Québec en examinant la prévalence, globale et régionale, des facteurs de risque et de protection influençant la vulnérabilité à la chaleur; 2) Déterminer l'incidence des événements morbides ou fatals liés à la chaleur sur une période de cinq ans; 3) Examiner la relation entre les facteurs de risque et de protection à la chaleur et la survenue de ces événements liés à la chaleur; 4) Construire un IVCPA tenant compte de la vulnérabilité globale des individus (mesure cumulative du nombre de facteurs de risque et de l'absence de facteurs de protection) et pouvant prédire la survenue de ces événements liés à la chaleur.

ARTICLE 1

AVANT-PROPOS DE L'ARTICLE

Prevalence of risk and protective factors associated with heat-related outcomes in Southern Quebec: A secondary analysis of the NuAge study.

Auteurs de l'article : Émélie Laverdière, Mélissa Généreux, Pierrette Gaudreau, José A. Morais, Bryna Shatenstein et Hélène Payette.

Statut de l'article : Article publié au Canadian Journal of Public Health.

Laverdière É, Généreux M, Gaudreau P, Morais JA, Shatenstein B, Payette H. Prevalence of risk and protective factors associated with heat-related outcomes in Southern Québec : A secondary analysis of the NuAge study. *Can J Public Health*. 2015 Jun 18;106(5):e315-21. doi: 10.17269/cjph.106.5029.

Formulaire : Le formulaire « Autorisation d'intégration d'un article écrit en collaboration à un mémoire ou une thèse », signé par tous les co-auteurs de l'article, est présenté à l'Annexe 1.

Avant-propos : Ce premier article vise à dresser un portrait, global et selon les régions, de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur des aînés du Sud du Québec. Les données présentées dans cet article proviennent majoritairement de celles recueillies dans le cadre de l'étude longitudinale québécoise sur la nutrition comme déterminant d'un vieillissement réussi (Étude NuAge). Des données ont été colligées annuellement pour chacun des participants par des infirmières et diététistes formés pour ce projet. Les données ont été analysées et interprétées par Émélie Laverdière. Elle a préparé tous les tableaux et figures qui figurent dans cet article. De plus, elle a rédigé le manuscrit et participé à sa révision suite aux modifications demandées par les co-auteurs et les pairs lors du processus ayant mené à sa publication avec l'aide de ses directrices de recherche.

RÉSUMÉ DE L'ARTICLE EN FRANÇAIS

Objectifs : La vulnérabilité à la chaleur est en augmentation en raison des changements climatiques, du vieillissement de la population et de l'urbanisation. Cette vulnérabilité peut varier géographiquement. Notre étude examine la prévalence globale et la distribution des facteurs de risque et de protection des problèmes de santé liés à la chaleur chez les personnes âgées dans trois régions sociosanitaires du sud du Québec (Canada).

Méthodes : Il s'agit d'une étude transversale des données du 1^{er} suivi de l'étude longitudinale NuAge, une cohorte de personnes âgées de 68–82 ans à l'inclusion et vivant dans la communauté, dans trois régions sociosanitaires: Estrie, Montréal et Laval. La prévalence des facteurs, identifiés dans les lignes directrices de Santé Canada, a été mesurée. Un indice de vulnérabilité à la chaleur des personnes âgées (IVCPA) considérant simultanément plusieurs facteurs médicaux, sociaux et environnementaux a été construit. La distribution de chaque facteur et de l'IVCPA a été examinée dans chacune des trois régions. Les résultats ont été pondérés selon l'âge, le sexe (analyses globales et régionales) et les régions (analyses globales).

Résultats : Quatre-vingt-dix pour cent des participants présentaient ≥ 1 facteur de risque, les plus fréquents étant la médication cardiovasculaire (50,8%), l'hypertension (46,7 %), vivre seul (39,2 %), les maladies cardiovasculaires (36,9 %), vivre dans un îlot de chaleur urbain (34,7 %) et le besoin d'aide dans les activités de la vie quotidienne (26,5 %). Les deux tiers des participants présentaient ≥ 1 facteur de protection, le plus fréquent étant de parler au téléphone tous les jours (70,9 %). La vulnérabilité à la chaleur variait grandement selon la région et cette variation était principalement attribuable à des facteurs sociaux et environnementaux plutôt qu'à des facteurs médicaux. Selon l'IVCPA, 87,2 % des participants cumulaient ≥ 2 facteurs (médiane = 3,0 facteurs/participant).

Conclusion : Nos résultats appuient la nécessité d'évaluer la vulnérabilité à la chaleur à une échelle régionale. Cette étude pourrait aider les parties prenantes à lutter contre les maladies liées à la chaleur et à développer des programmes de prévention adaptés aux différentes régions.

Mots clés : chaleur extrême; facteurs de risque; facteurs de protection; vieillissement.

ABSTRACT

Objectives: Heat vulnerability is increasing owing to climate change, aging and urbanization. This vulnerability may vary geographically. Our study examined the prevalence and distribution of risk and protective factors of heat-related outcomes among older adults across three health regions of Southern Quebec (Canada).

Method: This secondary cross-sectional study used data from the 1st follow-up of the NuAge longitudinal study, a cohort of community-dwelling older adults, aged 68–82 years at baseline, of three health regions: Eastern Townships, Montreal and Laval. Prevalence of factors, identified in Health Canada guidelines, was measured. An Older Adult Heat Vulnerability Index (OAHVI) simultaneously considering medical, social and environmental factors was constructed. The distribution of each factor and OAHVI was examined across the three regions. Results were weighted for age, sex (overall and region-specific analyses) and region (overall analyses).

Results: Ninety percent of participants had ≥ 1 risk factor, the most prevalent being: cardiovascular medication (50.8%), hypertension (46.7%), living alone (39.2%), cardiovascular disease (36.9%), living in an urban heat island (34.7%) and needing help in activities of daily living (26.5%). Two thirds of participants had ≥ 1 protective factor, the most prevalent being talking on the phone daily (70.9%). Heat vulnerability varied greatly by region and this variation was mainly attributable to social and environmental rather than medical factors. According to the OAHVI, 87.2% of participants cumulated ≥ 2 factors (median = 3.0 factors/participant).

Conclusion: Our results support the need for small-scale assessment of heat vulnerability. This study could help stakeholders tackle heat-related illness and develop regionally tailored prevention programs.

Key words: Extreme heat; risk factors; protective factors; aged.

INTRODUCTION

Extreme heat can cause a range of heat-related illnesses and exacerbate certain pre-existing chronic conditions.¹ In Quebec, extreme heat is defined as a temperature $\geq 30^{\circ}\text{C}$ and a humidex value ≥ 40 ² and heat wave definitions vary according to region (maximal and minimal temperature thresholds are $\geq 31^{\circ}\text{C}$ and $\geq 18^{\circ}\text{C}$; $\geq 33^{\circ}\text{C}$ and $\geq 20^{\circ}\text{C}$ for at least 3 days for Eastern Townships and Montreal/Laval respectively).³ During an intense and long heat wave that occurred from July 6 to 11, 2010, 106 deaths probably or possibly attributable to heat were observed in the city of Montreal.⁴ During the same week, 30.1% excess deaths were observed, mainly among older adults (≥ 75 years of age), in the province of Quebec as compared with 2008 and 2009.⁵ Older adults are particularly at risk of heat-related outcomes¹ owing to multimorbidity, polypharmacy, loss of autonomy, social isolation, and altered physiological response to extreme thermal conditions.⁶ Quebec's population heat vulnerability is expected to increase due to predictable climate change. It has been estimated that the expected mean annual numbers of hot temperature days (maximal temperature $\geq 30^{\circ}\text{C}$) by 2039–2063 will be double those from 1975–1999, and the extent of geographical areas at risk will increase dramatically over the coming decades, particularly in urbanized areas of Southern Quebec.⁷ Heat vulnerability will also increase given demographic changes. In Quebec, 11.7% of the population was aged 65 years and over in 2011, a proportion projected to reach almost a third of the population by 2056.⁸ In 2011, 78% and 85% of older adults aged 65–74 years and 75 years and over respectively lived in urban areas.⁹ Urban areas tend to have fewer green spaces and more impervious cover, which contribute to the urban heat island (UHI) effect.¹⁰ Urbanization thus increases the probability of being exposed to higher temperatures.¹ Because adverse heat-related health outcomes is a growing public health problem, it is essential to identify and support people deemed most at risk based on factors that positively or negatively influence their heat vulnerability. These factors mainly include medical (e.g., cardiovascular disease, diuretic use), social (e.g., living alone, low income) and environmental (e.g., high land surface temperature) predictors.

Few Heat Vulnerability Indexes (HVI), summarizing social and environmental predictors of heat vulnerability^{10–12} and, more rarely, medical risk factors¹⁰ and protective factors,^{10,11}

have been created. In Quebec, a social vulnerability index to high temperature events was developed using advanced age, low income, social isolation and low education.⁷ Only one study, conducted in Ontario, targeted older adults, a highly vulnerable subgroup of the population, and includes in its senior vulnerability index, factors specific to this population, namely very old age (75 years and over), frailty, disability, $\geq 30\%$ of family income on housing, and emergency visits.¹³ Major risk factors, such as pre-existing health conditions, medication use and the degree of social connections among individuals within a community, were not included due to insufficient data availability.^{7,10-13} Inclusion of major protective factors was also limited by data availability. For example, air conditioning (AC), a highly protective factor, was included in some HVI^{10,11} but not in others.^{7,12,13}

The HVI can be mapped to the study area. Using this method, a substantial geographic variation across census tracts or census block groups has been observed in heat vulnerability in some states in the United States¹⁰⁻¹² and in the city of Toronto (Ontario, Canada).¹³ Development of previous HVI usually followed procedures outlined by Reid et al. (2009).¹⁰ Briefly, a principal components analysis is applied and, for each factor retained, a range of possible values (where higher ones denote higher vulnerability) is assigned and the sum constitutes the HVI. However, this analysis can be quite complex. There is a need for simple and easily computed HVI, encompassing all relevant dimensions (i.e., medical, social and environmental) of heat vulnerability, which could be useful for 1) public health practitioners to locate vulnerable populations and 2) health and social care professionals to identify and protect their most vulnerable clients. Although some of these HVI have been linked with heat-related health outcomes, mainly mortality, they do not appear to be well-validated tools.

The aim of this study was to assess, at small scale, a wide range of risk and protective factors of heat-related outcomes that could occur simultaneously among older adults living in Southern Quebec. Our objectives were to 1) estimate the global frequency of risk and protective factors associated with heat-related health outcomes, 2) examine geographic variation across health regions of these factors and 3) construct a simple Older Adult Heat Vulnerability Index (OAHVI) simultaneously taking into account these factors.

METHODS

Setting

This study was conducted in 3 of the 18 Quebec health regions located in Southern Quebec: Eastern Townships (mix of urban, semi-urban, and rural areas), Montreal (metropolitan area) and Laval (urban area). In 2013, the population and population density (inhabitants/km²) of these regions were: 318,350 and 31.2 for Eastern Townships, 1,959,987 and 3,935.7 for Montreal, and 417,314 and 1,696.4 for Laval. In 2013, older adults (65 years and over) represented 18.7%, 15.7% and 15.9% of the population in Eastern Townships, Montreal and Laval respectively.¹⁴

Participants and study design

The Quebec longitudinal study of nutrition as a determinant of successful aging (The NuAge study) is a five-year longitudinal study of generally healthy community-dwelling older adults (853 men and 940 women born between 1921 and 1935) living in Eastern Townships, Montreal and Laval health regions. A random sampling from the Régie de l'assurance maladie du Québec medico-administrative database was used to identify potential participants and a sample stratified for age (68–72, 73–77, 78–82 years), sex and region was set up. Approximately equal proportions of participants were recruited at the two participating research centres: the Geriatric University Institute of Montreal (GUIM) covering the Montreal and Laval health regions, and the Geriatric University Institute of Sherbrooke (GUIS) covering the Eastern Townships health region. The participation rate was 58.6%. Characteristics of the cohort were described previously.¹⁵

This secondary cross-sectional study includes all community-dwelling participants still in the cohort at the 1st follow-up (2005-2006) residing in Eastern Townships (n = 901), Montreal (n = 471) and Laval (n = 307) health regions; no participants were excluded. At that time, only 6% of participants were lost to follow-up.

Variables

Health Canada Extreme Heat Events Guidelines (2011) provide an up-to-date overview of the national and international literature regarding health impacts of extreme heat. A systematic approach was used to identify factors associated with heat-related morbidity and mortality.¹ All factors examined in the current study were selected from these guidelines and are presented in Figure 1.

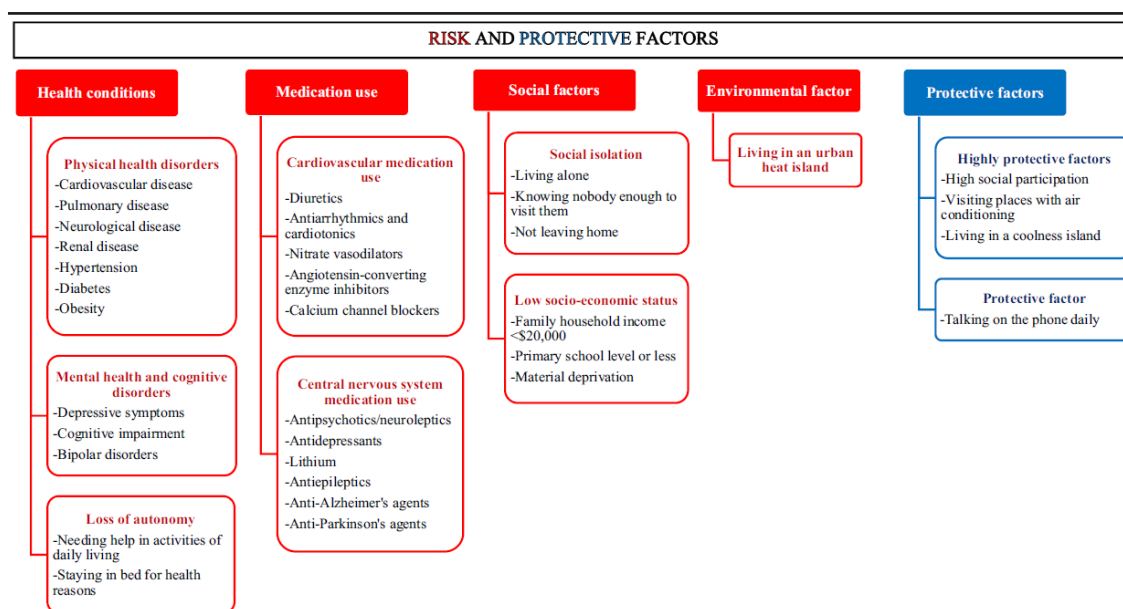


Figure 1. Older adult's heat vulnerability model, adapted from Health Canada guidelines (2011)

Explaining the mechanisms linking these factors to heat-related disorders is beyond the scope of this study. All data, except those relating to material deprivation, living in a UHI or in a coolness island (which were obtained from the Institut national de santé publique du Québec (INSPQ)), were self-reported during in-person interviews with trained nurses or dietitians using validated questionnaires.¹⁵

Health Conditions

Self-reported physical health disorder variables were obtained via the Older Americans' Resources and Services (OARS) Multidimensional Functional Assessment Questionnaire¹⁶ and classified according to the International Classification of Diseases, ninth revision, except for obesity, defined as a body mass index ≥ 30 kg/m².¹⁷ The 30-item Geriatric

Depression Scale (GDS),¹⁸ the Modified Mini-Mental State examination (3MS)¹⁹ and the Functional Autonomy Measurement System (SMAF)²⁰ have been used to assess the presence of depressive symptoms (GDS \geq 11), cognitive impairment (3MS $<$ 80) and disability in activities of daily living (needing help in \geq 1 activity) respectively. Staying in bed for health reasons was measured during the 6-month follow-up phone calls.

Medication Use

Central nervous system and cardiovascular medication use were classified according to the American hospital formulary system.

Social Factors

Material deprivation was calculated at the dissemination area level (assigned based on the postal code of participant's residence) using the Pampalon deprivation index.²¹ Participants in the fifth quintile (Q5) were considered to be living in materially deprived neighbourhoods.

Environmental Factor

Using participants' personal address transformed into unique latitude and longitude, a geomatic specialist of the INSPQ determined whether this localization was in a UHI, a coolness island or neither according to analysis of thermal information from Landsat satellite images.

Protective Factors

Social participation was measured using a 10-item questionnaire scored on a 5-point scale ranging from 1—almost every day to 5—never. Final scores ranged from 10 to 50; a score \leq 30 reflected several activities at least once a week to almost daily, indicating high social participation. Visiting places with AC was defined as visiting at least one air-conditioned place almost every day.

Older Adults Heat Vulnerability Index (OAHVI)

The OAHVI was developed to assess the cumulative risk of heat-related health outcomes. A score ranging from 0 to 9 was calculated from the sum of factors (0 or 1 point/category): physical health disorders, mental health and cognitive disorders, loss of autonomy factor, central nervous system medication use, cardiovascular medication use, social isolation factor, low socioeconomic status (SES) factor, environmental risk factor, and absence of highly protective/protective factor. Higher values reflect elevated heat vulnerability.

Data analysis

As the NuAge sample was stratified for age, sex and region, overall and health region-specific analyses were weighted for age and sex, and weights for regions were also applied for overall analyses. The prevalence of each factor was calculated in the total sample and within each region and corresponds to the valid percentage (no replacement of missing data). Partial non-response rates were computed separately for each risk and protective factor (i.e., dividing the number of participants with missing data by 1,679 participants for each factor examined) and ranged from 0 to 14%. Pearson's chi-squared (χ^2) test was used to compare the prevalence of factors between regions. Some p-values were not reported when the χ^2 test could not be performed where basic assumptions were not met. Because of stratification of the sample, Fisher's exact test could not be performed. For the OAHVI, the Kruskal-Wallis test was carried out. Analyses were performed with SPSS 18 and SAS 9.2 statistical software and level of statistical significance was set at 0.05.

Ethics

The NuAge study has been approved by the ethics committees of the GUIM and GUIIS. All participants signed the consent form, including authorization for their data and biological samples to be included in the NuAge Database and Biobank for investigative work by NuAge investigators and their collaborators. The current study has been approved by the ethics committee of the GUIIS.

RESULTS

Table 1 shows global and health region–specific prevalence of risk and protective factors associated with heat-related outcomes in Southern Quebec.

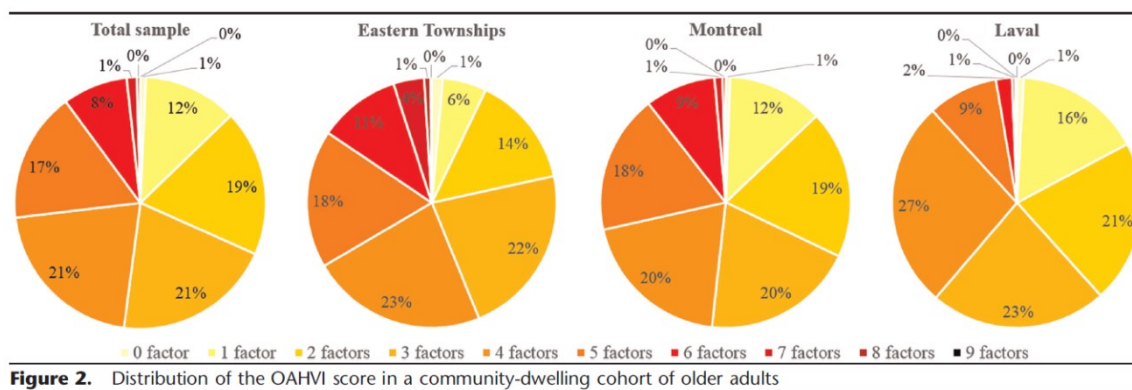
Table 1. Prevalence of risk and protective factors associated with heat-related outcomes in a community-dwelling cohort of older adults	Total sample (n = 1679)	Eastern Townships (n = 901)	Montreal (n = 471)	Laval (n = 307)	χ^2 test p-value
Risk factors (%)					
Health conditions					
Physical health disorders					
Cardiovascular disease	36.9	43.5	35.9	36.4	0.10
Pulmonary disease	4.7	5.0	4.7	4.1	0.89
Neurological disease	0.8	1.7	0.5	1.7	0.12
Renal disease	3.2	5.1	2.3	6.9	0.002
Hypertension	46.7	58.0	44.9	46.3	0.002
Diabetes	11.4	11.2	11.5	11.3	0.99
Obesity	25.2	27.4	25.4	22.1	0.46
≥1 physical health disorder	72.1	81.0	70.5	72.9	0.006
Mental health and cognitive disorders					
Depressive symptoms	12.0	9.1	13.2	7.8	0.02
Cognitive impairment	1.9	3.9	1.6	1.5	0.09
Bipolar disorders	0.3	0	0.4	0	–
≥1 mental health or cognitive disorder	13.7	12.3	14.7	9.1	0.06
Loss of autonomy					
Needing help in activities of daily living	26.5	23.0	28.9	15.6	<0.0001
Obligation to stay in bed	7.5	11.8	7.1	5.4	0.03
≥1 factor related to loss of autonomy	30.3	29.4	32.5	18.2	<0.0001
≥1 health condition (physical or mental health and cognitive disorders, or loss of autonomy)	78.3	83.3	78.1	74.4	0.07
Medication use					
Cardiovascular medication use					
Diuretics	20.7	19.7	21.2	18.7	0.64
Antiarrhythmics and cardiotonics	36.2	40.5	35.7	35.2	0.37
Nitrate vasodilators	4.6	7.7	4.2	4.0	0.07
Angiotensin-converting enzyme inhibitors	16.8	22.4	15.4	19.7	0.02
Calcium channel blockers	17.9	23.8	17.0	17.2	0.05
≥1 cardiovascular medication use	50.8	55.9	49.8	51.9	0.24
Central nervous system medication (CNS) use					
Antipsychotics/neuroleptics	1.1	0.1	1.3	0.6	0.16
Antidepressants	7.3	6.4	8.1	3.5	0.02
Lithium	0.1	0.1	0	0.6	–
Antiepileptics	1.9	2.0	1.9	2.1	0.98
Anti-Alzheimer's agents	0.1	0.3	0	0.3	–
Anti-Parkinson's agents	0.8	1.5	0.5	2.2	0.05
≥1 CNS medication use	9.2	9.6	9.2	8.4	0.91
≥1 CNS or cardiovascular medication use	53.6	59.6	52.1	57.2	0.07
Social factors					
Social isolation					
Living alone	39.2	32.1	42.9	24.1	<0.0001
Knowing nobody enough to visit them	1.3	1.2	1.5	0.2	0.10
Not leaving home	6.7	4.1	6.7	9.0	0.12
≥1 factor related to social isolation	44.3	36.4	47.6	32.5	<0.0001
Low SES					
Family household income <\$20,000	14.9	21.4	14.2	12.8	0.03
Primary school level or less	10.2	30.0	6.5	13.7	<0.0001
Material deprivation	8.9	10.8	9.2	5.4	0.08
≥1 factor related to lower SES	25.7	46.5	23.0	22.4	<0.0001
≥1 social factor	53.2	61.7	53.9	42.0	<0.0001
Environmental factor					
Living in an urban heat island	34.7	39.6	36.8	18.3	<0.0001
Protective factors (%)					
Highly protective factors (%)					
High social participation	13.6	10.2	15.1	7.7	0.002
Visiting places with AC	10.6	7.3	12.0	5.4	0.0009
Living in a coolness island	1.2	5.4	0.5	1.4	<0.0001
Protective factor					
Talking on the phone daily	70.9	54.9	74.6	64.4	<0.0001
≥1 highly protective or protective factor	69.4	59.8	72.8	58.2	<0.0001
OAHI score (0–9) (median)	3.0	4.0	3.0	3.0	<0.0001*

* Kruskal-Wallis test for independent samples.

Health conditions and medication use were frequent in our sample (78.3% and 53.6% respectively). Overall, frequency of physical health disorders was higher than that of mental health and cognitive disorders or loss of autonomy, and was more elevated in the Eastern Townships relative to the other regions under study. About 10% of participants had

depressive symptoms or took antidepressants, with the highest prevalence observed in Montreal ($p = 0.02$). More than half of the sample had social risk factors, with major differences between regions. Social isolation was more frequent among Montreal participants, whereas low SES was twice as frequent in the Eastern Townships as in Montreal or Laval. More than a third of participants lived in a UHI in the Eastern Townships and Montreal, compared to only 18.3% in Laval. Having at least one protective factor was frequent overall (69.4%) and significant differences were observed between regions ($p < 0.0001$). While participants living in Montreal were more likely to report high social participation, visiting places with AC, and talking on the phone daily, a higher proportion of Eastern Townships participants lived in a cooling island. Globally, a median of 3.0 factors per participant was computed, increasing their heat vulnerability, yet significant disparities were observed between regions ($p < 0.0001$).

Figure 2 shows global and regional distributions of the OAHVI score. Having more than one factor increasing heat vulnerability was very common (92.9% Eastern Townships, 87.1% Montreal, 82.7% Laval).



DISCUSSION

Montreal/Laval and Eastern Townships residents were bothered by more than several hot temperature days (i.e., 45 and 34 days respectively) during the 2006-2010 summer seasons. Describing the prevalence of potential factors contributing the most to heat vulnerability is essential in order to inform public health authorities.

Overall, this study showed that heat vulnerability was very common among older adults in Southern Quebec, as the simultaneous presence of several factors increasing vulnerability was observed in most participants.

The most prevalent risk factors were cardiovascular conditions, with approximately 60% of older adults having cardiovascular disease or hypertension and half of them reporting cardiovascular medication use. These prevalences are similar to previous observations in Montreal.²² Our results show that physical health disorders are five times more prevalent than mental health and cognitive disorders. However, these results might reflect the general good health and autonomy of NuAge participants at baseline. Nevertheless, depressive symptoms were present in 12% of participants, which is similar to previous observations made for the province of Quebec.²³ Clinicians should consider cardiovascular diseases and depression when assessing patients' vulnerability to heat, given that they are frequent, relatively easy to detect, and have been identified as major underlying causes of heat-related mortality in Quebec⁴ and elsewhere.

Needing help in activities of daily living (ADL) was prevalent (26.5%) and much higher than proportions reported in surveys for the province of Quebec among individuals aged 65 years and older (range 2.2%–6.29%).²⁴ However, ADL disabilities were self-reported in these surveys while the SMAF is based on a clinical evaluation of functional autonomy, including disabilities and handicaps. Knowing that older adults tend to overestimate their level of functioning,²⁵ clinical assessment, rather than self-reported information, is needed to adequately assess this risk factor. Presence of disability in self-care could translate to difficulties in taking appropriate actions to prevent heat-related health issues, such as voluntary hydration or effective cooling.¹

Living alone was highly prevalent (39.2%) in this study sample and, as previously reported, prevalence varies greatly according to regions,²⁶ with the highest proportion in Montreal,²² highlighting the need for region-tailored prevention strategies.

About a third (34.7%) of our participants were living in a UHI. In 2011, 18.7% of the adult population, including older adults, were living in a UHI in Sherbrooke (main city in Eastern Townships).²⁷ Thus, the likelihood of living in a UHI may vary greatly according to place

of residence and possibly by age. Our study also suggests that this factor is not solely related to the level of urbanization, since our results show similar proportions of participants living in a UHI in the Eastern Townships and Montreal, despite important differences in residential density between these areas. UHIs more frequently occur in large cities; however, they can form over any built-up area,¹ depending on climatic, energetic, geographic, morphologic, politic and structural factors.²⁸

This study showed that heat vulnerability varied by health region and was mainly due to social and environmental factors rather than medical conditions. To our knowledge, this is the first study examining variation of a wide range of risk and protective factors at a small scale. The important and numerous disparities observed between regions in several potential predictors of heat-related outcomes support the need for small-scale assessment of heat vulnerability among older adults.

Examination of the OAHVI developed for this study showed that simultaneous presence of risk factors (or absence of protective factors) was the norm among study participants. A median of 3.0 factors per participant was observed, suggesting heat vulnerability; however, this varied significantly across the three regions investigated. Using mainly social and environmental predictors, spatial clustering of heat vulnerability has been observed in the US¹⁰⁻¹² and Canada.¹³ The predictive validity of the OAHVI should be examined in further studies in relation to heat morbidity or mortality. Once validated, this index would be useful in clinical settings to identify heat-vulnerable older adults and implement intensive interventions among these high-risk individuals.

Strengths

Based on a large representative sample of older adults living in Southern Quebec, with a very low rate of loss to follow-up (6%), our findings contribute to current knowledge on global and health region-specific frequency of risk and protective factors associated with heat-related health outcomes. All factors examined were previously identified in the 2011 Health Canada guidelines. Moreover, our study went further than published literature by examining the distribution of these factors at a smaller scale and by providing information on a wider range of factors, including health conditions and medication use. Finally, our

study proposed a new HVI, targeting older adults (OAHVI), which could be an important predictor of individuals' global risk of heat-related outcomes.

Limitations

Our study presents limitations. First, all factors were measured in 2005 or 2006 and not necessarily during hot temperature days. This could lead to an over- or underestimation of social factors, such as being homebound vs. high social participation or visiting locations with AC, that may vary over time.

Global participation rate was 58.6%. Non-responders were more likely to be older and living in a metropolitan area. This might have led to underestimation of the prevalence rates of risk and protective factors globally (e.g., medical factors which may be more frequent with advanced age) and among the Montreal/Laval subsample.

Furthermore, no data were available on AC at home (highly protective factor in Health Canada guidelines). However, this protective factor was indirectly considered through the inclusion of the low family household income variable. Indeed, Quebecers with a lower household income (<\$20,000) are 1.3 to 2.8 times less likely to have AC at home compared to their more affluent counterparts (household income \geq \$80,000).^{27,29} AC utilization might be less frequent among low SES persons due to purchase and operation costs.¹² Other heat-related factors were not available in the NuAge database, such as living on the top floor of a building, history of heat stroke/illness and lack of or improper acclimatization.¹ Finally, as our sample is composed of generally healthy community-dwelling older adults residing in private households in the Eastern Townships, Montreal and Laval, generalizability of our results to other contexts might be limited.

CONCLUSION

Risk and protective factors associated with heat-related health outcomes were prevalent among older adults in Southern Quebec, and the vast majority of respondents presented multiple factors. Heat vulnerability also varied according to health regions. Our proposed

OAHVI should be tested further by linking it to heat-related morbidity or mortality data in order to evaluate its predictive validity.

REFERENCES

1. Health Canada. Extreme Heat Events Guidelines: Technical Guide for Health Care Workers. 2011. Available at: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/climat/workers-guide-travailleurs/index-eng.php> (Accessed March 5, 2012).
2. Environnement Canada. Critères d'avertissements publics. 2014. Available at: <http://ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=D9553AB5-1#chaleurhumidite> (Accessed August 31, 2013).
3. Institut National de Santé Publique du Québec. Indicateurs et seuils météorologiques pour les systèmes de veille-avertissement lors de vagues de chaleur au Québec. 2010. Available at: http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1151_IndicVeilleAvertissementVagueChaleur.pdf (Accessed August 31, 2013).
4. Agence de la Santé et des Services Sociaux. Canicule 2010 à Montréal. Rapport du directeur de Santé Publique. 2011. Available at: http://publications.santemontreal.qc.ca/uploads/tx_asssmpublications/978-2-89673-036-0.pdf (Accessed September 15, 2011).
5. Institut National de Santé Publique du Québec. Surveillance des impacts sanitaires des vagues de chaleur au Québec. Bilan de la saison estivale 2010. 2011. Available at: http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1275_SurvImpactsChaleurBilanEte2010.pdf (Accessed October 4, 2011).
6. Institut National de Prévention et d'Éducation pour la Santé. Fortes chaleurs: prévenir les risques sanitaires chez la personne âgée. 2007. Available at: <http://www.inpes.sante.fr/CFESBases/catalogue/pdf/1033.pdf> (Accessed October 5, 2011).
7. Vescovi L, Rebetez M, Rong F. Assessing public health risk due to extremely high temperature events: Climate and social parameters. *Clim Res* 2005;30:71–78. doi: 10.3354/cr030071.
8. Gouvernement du Québec. Les aînés du Québec, quelques données récentes. 2012. Available at: <http://www.aines.gouv.qc.ca/documents/sommaire-veilliret-vivre-ensemble.pdf> (Accessed November 20, 2013).
9. Société Canadienne d'hypothèques et de logement. Quelles proportions de Canadiens âgés vivent dans les zones urbaines et rurales du Canada? 2015. Available at: <http://www.cmhc-schl.gc.ca/lang.cfm?pid=275371> (Accessed September 3, 2015).

10. Reid CE, O'Neill MS, Gronlund CJ, Brines SJ, Brown DG, Diez-Roux AV, et al. Mapping community determinants of heat vulnerability. *Environ Health Perspect* 2009;117(11):1730–36. PMID: 20049125. doi: 10.1289/ehp.0900683.
11. Harlan SL, Deplet-Barreto JH, Stefanov WL, Petitti DB. Neighborhood effects on heat deaths: Social and environmental predictors of vulnerability in Maricopa County, Arizona. *Environ Health Perspect* 2013;121(2):197–204. PMID: 23164621. doi: 10.1289/ehp.1104625.
12. Johnson DP, Stanforth A, Lulla V, Luber G. Developing an applied extreme heat vulnerability index utilizing socioeconomic and environmental data. *Appl Geogr* 2012;35:23–31. doi: 10.1016/j.apgeog.2012.04.006.
13. Rinner C, Patychuk D, Briggs S. Implementation of a Map-Based Heat Vulnerability Assessment and Decision Support System, Final Project Report and Map Series. 2011. Available at: http://www.climateontario.ca/doc/ORAC_Products/TPH/implementation_mapping_heat_vulnerability1.pdf (Accessed March 1, 2014).
14. Institut de la statistique du Québec. Panorama des régions du Québec, édition. 2014. Available at: <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/panoramaregions.html> (Accessed August 8, 2014).
15. Gaudreau P, Morais JA, Shatenstein B, Gray-Donald K, Khalil A, Dionne I, et al. Nutrition as a determinant of successful aging: Description of the Quebec longitudinal study NuAge and results from cross-sectional pilot studies. *Rejuvenation Res* 2007;10(6):377–86. PMID: 17708689. doi: 10.1089/rej.2007.0596.
16. Fillenbaum GG, Smyer MA. The development, validity and reliability of the OARS multidimensional functional assessment questionnaire. *J Gerontol* 1981;36:428–34. PMID: 7252074. doi: 10.1093/geronj/36.4.428.
17. World Health Organization. Obesity and Overweight. 2013. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> (Accessed February 21, 2013).
18. McDowell I, Newell C. *Measuring Health: A Guide to Rating Scales and Questionnaires*. New York, NY, Oxford: Oxford University Press, 1996; pp. 314–23.
19. Teng EL, Chui HC. The Modified Mini-Mental State (3MS) examination. *J Clin Psychiatry* 1987;48(8):314–18. PMID: 3611032.
20. Hébert R, Guilbault J, Desrosiers J, Dubuc N. The Functional Autonomy Measurement System (SMAF): A clinical-based instrument for measuring disabilities and handicaps in older people. *J Can Geriatr Soc* 2001;4:141–47.
21. Institut national de santé publique du Québec. Guide méthodologique: « L'indice de défavorisation matérielle et sociale: en bref ». 2010. Available at:

http://www2.inspq.qc.ca/santescope/documents/Guide_Metho_Indice_defavo_Sept_2010.pdf (Accessed June 17, 2014).

22. Direction de santé publique, Agence de la santé et des services sociaux de Montréal. Vieillir à Montréal, Un portrait des aînés. 2008. Available at: http://ccpsc.qc.ca/sites/ccpsc.qc.ca/files/vieilliramontreal_v2.pdf (Accessed July 19, 2014).

23. Institut de la statistique du Québec. Santé et bien-être, Troubles mentaux, toxicomanie et autres problèmes liés à la santé mentale chez les adultes québécois. Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (cycle 1.2). 2008. Available at: <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/sante/etat-sante/mentale/troubles-mentaux-toxicomanie.pdf> (Accessed July 19, 2014).

24. Institut national de santé publique du Québec. Vieillissement de la population, état fonctionnel des personnes âgées et besoins futurs en soins de longue durée au Québec. 2010. Available at: http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1082_VieillissementPop.pdf (Accessed July 30, 2014).

25. Schaie KW, Lawton MP. Annual Review of Gerontology and Geriatrics. New York, NY: Behavioral Science & Aging, Springer Publishing Company, 1991; pp. 100–1.

26. Institut national de santé publique du Québec en collaboration avec le Ministère de la santé et des services sociaux du Québec et l'Institut de la statistique du Québec. Portrait de santé du Québec et de ses régions 2006: les statistiques - Deuxième rapport national sur l'état de santé de la population. 2006. Available at: www.inspq.qc.ca/pdf/publications/545-PortraitSante2006_Statistiques.pdf (Accessed August 5, 2014).

27. Roy M, Généreux M, Laverdière É, Vanasse A. Surveillance of social and geographical inequalities in housing-related issues: The case of Eastern Townships, Québec (Canada). *Int J Environ Res Public Health* 2014;11(5):4825–44. PMID: 24806192. doi: 10.3390/ijerph110504825.

28. Lachance G, Baudouin Y, Guay F. Étude des îlots de chaleur montréalais dans une perspective de santé publique. 2006. Available at: <http://www.inspq.qc.ca/bise/post/2006/06/15/Etude-des-ilots-de-chaleur-montrealais-dans-une-perspective-de-sante-publique.aspx> (Accessed May 1, 2014).

29. Gosselin P, Bélanger D, Doyon B. Chapitre 6 – Les effets des changements climatiques sur la santé au Québec. 2008. Available at: http://www.ouranos.ca/fr/pdf/ouranos_chapitre-6.pdf (Accessed April 30, 2014).

ARTICLE 2

AVANT-PROPOS DE L'ARTICLE

Risk and protective factors for 5-years heat-related events among older adults of Southern Quebec (Canada). The NuAge study.

Auteurs de l'article : Émélie Laverdière, Mélissa Généreux, Pierrette Gaudreau, José A. Morais, Bryna Shatenstein et Hélène Payette.

Statut de l'article : Article soumis au Canadian Journal of Public Health (19 mars 2016).

Formulaire : Le formulaire « Autorisation d'intégration d'un article écrit en collaboration à un mémoire ou une thèse », signé par tous les co-auteurs de l'article, est présenté à l'Annexe 2.

Avant-propos : Ce deuxième article vise à déterminer l'incidence d'événements morbides et fatals liés à la chaleur et d'identifier les facteurs prédisant la survenue de ces événements. Les données sur les facteurs de risque et de protection proviennent majoritairement de celles recueillies annuellement dans le cadre de l'Étude NuAge par des infirmières et diététistes. Les données sur les événements morbides ou fatals liés à la chaleur proviennent des données médico-administratives (RAMQ et Med-Echo) ainsi que de l'Institut de la Statistique (Fichier de décès). L'ensemble de ces données ont été analysées et interprétées par Émélie Laverdière. Elle a préparé tous les tableaux qui figurent dans cet article. De plus, elle a rédigé le manuscrit et participé à sa révision suite aux modifications demandées par les co-auteurs avec l'aide de ses directrices de recherche. Elle a également soumis l'article et participera au processus de révision de l'article jusqu'à sa publication.

RÉSUMÉ DE L'ARTICLE EN FRANÇAIS

Objectifs: La chaleur extrême est connue pour augmenter la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur. L'incidence et les facteurs prédisant la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur ont été examinés chez les personnes âgées vivant au Québec (Canada).

Méthodes : Cette étude prospective sur 5 ans a utilisé les données du premier temps de suivi de l'étude longitudinale NuAge, une cohorte de personnes âgées vivant dans la communauté dans trois régions sociosanitaires du Sud du Québec. Des facteurs médicaux, sociaux et environnementaux, identifiés dans le document de Santé Canada (2011) intitulé : « Lignes directrices à l'intention des travailleurs de la santé pendant les périodes de chaleur accablante : un guide technique », ont été utilisés pour développer un indice de vulnérabilité à la chaleur des personnes âgées (IVCPA). Les événements morbides ou fatals liés à la chaleur, obtenus à partir d'une base de données médico-administrative, ont été définis comme des événements survenant un jour de température élevée (température maximale $\geq 30^{\circ}\text{C}$) entre les années 2006 et 2010. Deux événements morbides ou fatals liés à la chaleur ont été examinés : 1) visite à l'urgence liée à la chaleur (VULC) et 2) tout événement liés à la chaleur (ÉLC [c.-à-d., visites à l'urgence, hospitalisations ou décès]). Des analyses de régressions logistiques multivariées ont été réalisées pour examiner les associations entre les facteurs de risque et de protection, incluant l'IVCPA, et les deux événements.

Résultats : Les visites à l'urgence et les hospitalisations étaient, respectivement, 2,6 et 1,7 fois plus fréquentes les jours de température élevée comparativement aux jours de température normales. Le faible revenu du ménage et la perte d'autonomie étaient associés à un risque accru de VULC (RCA=3,20; IC à 95% : 1,13-8,50 et RCA=2,66; IC à 95% : 1,11-5,41 respectivement) et d'ÉLC (RCA=2,84; IC à 95% : 1,06-7,64 et RCA=2,51; IC à 95% : 1,13-5,61 respectivement). Une participation sociale élevée était un facteur de protection de VULC (RCA=0,05; IC à 95% : 0,10-0,21) et d'ÉLC (RCA=0,04; IC à 95% : 0,01-0,17). Les personnes âgées présentant ≥ 6 facteurs sur une possibilité de 9 de l'IVCPA étaient 7 à 8 fois plus susceptibles d'avoir une VULC (RC=7,40; IC à 95% : 1,51-36,19) ou un ÉLC (RC=7,77; IC à 95% : 1,63-37,20) par rapport aux participants ayant 0-1 facteurs.

Conclusion : La participation sociale, la perte d'autonomie et le faible revenu étaient d'importants prédicteurs de la survenue de VULC et d'ÉLC. L'indice cumulatif, également un prédicteur important, pourrait aider les cliniciens à identifier les patients âgés à haut risque.

ABSTRACT

Objectives: Extreme heat is known to increase heat-related health outcomes (HRHO). Incidence and predictors of HRHO were examined among older adults living in Quebec (Canada).

Method: This prospective 5-year study used data from the 1st follow-up of community-dwelling older adults from the NuAge cohort (2005-2006), located in three health regions of Southern Quebec. Medical, social and environmental factors, identified in Health Canada guidelines (2011), were used to develop the Older Adult Health Vulnerability Index (OAHVI). HRHO, obtained from a medico-administrative database, were defined as events occurring on a hot day (maximal temperature $\geq 30^{\circ}\text{C}$) between 2006 and 2010. Two HRHO were examined: heat-related 1) emergency department presentations (EDP) and 2) health events (i.e., EDP, hospitalisations or deaths). Multivariate logistic regressions were performed to assess the associations between risk and protective factors, including OAHVI, and both outcomes.

Results: EDP and hospitalisations were, respectively, 2.6 and 1.7 times more frequent on hot days compared to normal summer days. Low household income and disability increased risk of heat-related EDP (OR=3.20; 95%CI:1.13-8.50 and OR=2.66; 95%CI:1.11-5.41, respectively) and health events (OR=2.84; 95%CI:1.06-7.64 and OR=2.51; 95%CI:1.13-5.61, respectively). High social participation was a protective factor of heat-related EDP (OR=0.05; 95%CI:0.10-0.21) and health events (AOR=0.04;95%CI:0.01-0.17). Older adults presenting ≥ 6 OAHVI factors out of 9 were 7-8 times more at risk of heat-related EDP (OR=7.40,95%CI:1.51-36.19) and health events (OR=7.77,95%CI:1.63-37.20) compared to participants having 0-1 factor.

Conclusion: Social participation, reduced autonomy and low income were predictors of HRHO. The OAHVI, also a strong predictor, should help clinicians identifying high-risk elderly patients.

Keywords: Extreme heat; Risk Factors; Protective Factors; Heat Stress Disorders; Morbidity; Aged.

INTRODUCTION

Experts believe that climate change will impact human health by increasing the incidence of diseases and deaths during intense heat periods.¹ These periods can cause a range of heat-related illnesses (HRI) and exacerbate pre-existing chronic conditions.²

Only a few studies have estimated the incidence of heat-related health outcomes (HRHO), all among the general population.³⁻⁸ Monthly incidence rates of emergency department presentation (EDP) for HRI reached 0.2 per 100,000 person-days in the summer months of 2007 and 2008 in North Carolina.⁸ Those rates likely underestimate the true occurrence of HRI as a result of under-diagnosis⁸ and do not include indirect effect of heat, namely deterioration of pre-existing conditions. Analysis of all-causes HRHO may give a more comprehensive approach to estimate the total burden of heat.⁹ All-causes death, hospitalisation and EDP rates varied from 2-3, 14-30 and 115-390 per 100,000 person-days respectively according to health regions in Quebec affected by heat waves in 2010, 2012 to 2014.^{3-5,7} Death rates varied according to age groups, with older adults being most at risk compared to other aged groups.^{3,7}

Heat vulnerability of older adults could be related to multimorbidity (i.e., co-existence of ≥ 2 chronic conditions),¹⁰ polypharmacy, loss of autonomy, social isolation, altered physiological response to extreme thermal conditions or a compromised ability to sense heat and to manifest appropriate behaviour such as fluid intake.¹¹ A recent study showed that heat vulnerability was very common in Quebec, with 87% of older Quebecers cumulating at least two medical, social or environmental conditions previously identified as HRHO predictors.¹²

To effectively prevent HRHO, it is important to identify key predictors. A meta-analysis of 6 case-control studies carried out in American and European general populations, showed that confinement to bed, inability to care of oneself, not leaving home daily, psychotropic medications, as well as cardiovascular, mental and pulmonary illnesses increased risk of heat-related death whereas frequent social contact, air-conditioning at home and visiting air-conditioned places decreased the risk. Two case-control studies conducted during the 2003 European heat wave among older adults found that, in Italy,¹⁴ receiving home public assistance, high comorbidity and dependency in ≥ 1 activity of daily living (ADL) were associated with heat-related deaths while in France, significant risk factors included cardiovascular disease, hypertension, psychiatric and neurologic diseases, confinement to bed or armchair, loss of autonomy and living alone.¹⁵

Predictors of heat-related morbidity have been much less studied. A better knowledge of them is critical for successful development and implementation of prevention strategies. Indeed, heat-related morbidity is presumably far more frequent than heat-related death and can have a significant impact on older adults global health and well-being. Moreover, its predictors could differ from those related to mortality. In a general population in United States (summers 2001-2010), living in zip codes with lowest median income quartile, lack of health insurance, neurological disorders and psychoses increased risk of heat-related hospitalisation.¹⁶ Another study conducted in India during the summer 2011 in a general population, showed that increased risk of self-reported HRI was associated with having chronic, diarrheal or infectious pre-existing conditions and not seeking heat-related health information before a heat wave.¹⁷ Finally, heat-related morbidity (defined as the occurrence of a dizzy spell, fall, loss of balance, hospitalisation or death) during the 2003 heat wave in France was associated with several risk factors, including living in a single room, stopping usual activities during a heat wave, and having diabetes, respiratory, neurological or cardiovascular diseases whereas house ventilation was a protective factor among older adults.¹⁸

To date, most studies on heat vulnerability have been cross-sectional or case-control and conducted during a specific heat wave. There is a need to examine predictors of HRHO using a cohort design which has stronger potential to increase internal validity and clarify

the relationships. Moreover, a simultaneous assessment of medical, social and environmental predictors is essential to adequately examine their independent contribution to heat vulnerability. Furthermore, predictors of HRHO in older adults have not been thoroughly studied, restricting the capacity for stakeholders to develop and implement tailored preventive strategies among this vulnerable population.

The aims of this prospective cohort study were to 1) describe the incidence of HRHO, including EDP, hospitalisations and deaths over a 5-year period and 2) assess their medical, social and environmental predictors among older adults living in Southern Quebec.

METHODS

Setting

This study was conducted in three health regions located in Southern Quebec, namely Montreal, Laval and the Eastern Townships. They encompass respectively the first, the third and the sixth most populous cities in the province of Quebec. In 2013, older adults represented between 16% and 19% of the population depending on the region.¹⁹

Participants and study design

As previously described,²⁰ the Quebec longitudinal study on nutrition as a determinant of successful aging (NuAge study) is a 4-year study of community-dwelling older adults living in one of the three health regions mentioned above. A random sample stratified for age (68-72, 73-77, 78-82 years) and sex was obtained from the *Régie de l'assurance maladie du Québec* (RAMQ) medico-administrative database and used to identify potential participants. Participation rate was 58.6%. The final NuAge cohort was composed of 853 men and 940 women generally in good health at recruitment, without cognitive impairment, free of disabilities in ADL, and able to walk one block or climb one-floor flight of stairs without rest. They did not report heart failure, chronic obstructive pulmonary disease requiring oxygen therapy or oral steroids, inflammatory digestive diseases or cancer treated either by radiation therapy, chemotherapy or surgery in the past five years.

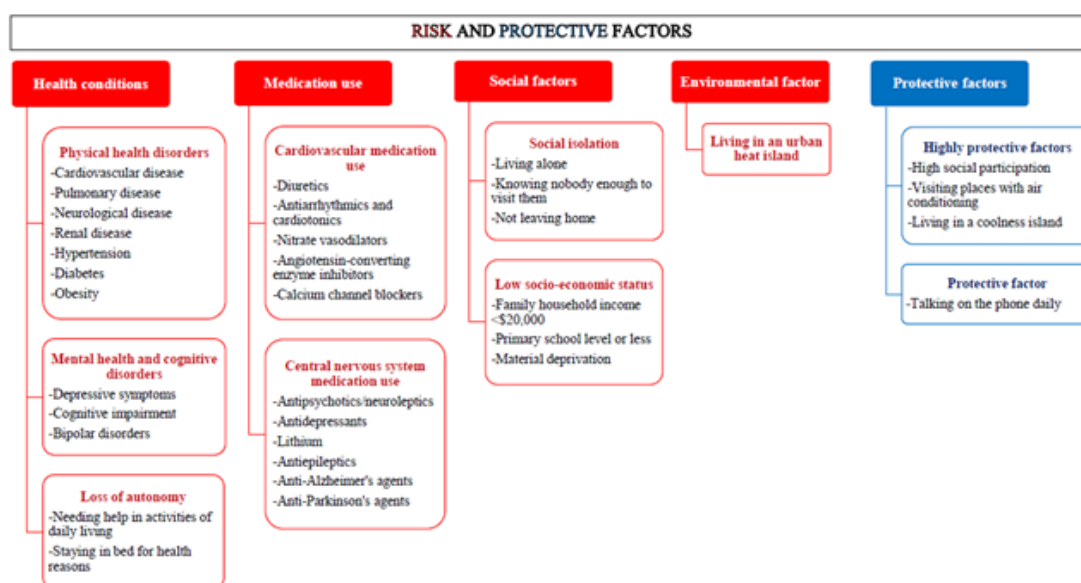
This study combined data from the NuAge study and the RAMQ, as well as geospatial data from the *Institut national de santé publique du Québec* (INSPQ). Individual-level factors were measured at the 1st NuAge follow-up (2005-2006, n=1679; 6% lost to follow-up). Data were self-reported during in-person interviews with trained nurses or dietitians at the Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal (IUGM) and Sherbrooke (IUGS) using validated questionnaires.²⁰ Merged individual-level and geospatial data were linked with the RAMQ medico-administrative data on EDP, hospitalisations and deaths over five summer seasons (2006-2010), using Health Insurance Number (HIN) as a unique identifier. Because of missing data with respect to HIN, 446 participants were excluded (27%), the final study sample comprising 1233 participants.

Variables

Independent variables

An older adult heat vulnerability conceptual model has been developed and was described in details elsewhere (Figure 1).¹²

Figure 1: Older adult's heat vulnerability model adapted from Health Canada guidelines (2011).¹²



Reproduced with permission from the Canadian Public Health Association.

Briefly, all risk and protective factors included in this model were identified in Health Canada guidelines² and grouped into nine categories: 1-physical health disorders, 2-mental health and cognitive disorders, 3-loss of autonomy, 4-central nervous system medication use, 5-cardiovascular medication use, 6-social isolation, 7-low socioeconomic status (SES), 8-environmental risk factors, and 9-highly protective or protective factors.

Physical health disorders

Self-reported physical health disorders were measured using the Older Americans' Resources and Services (OARS) Multidimensional Functional Assessment Questionnaire (physical health dimension)²¹ and classified according to the International Classification of Diseases, ninth revision. Obesity was defined as a body mass index $\geq 30\text{kg/m}^2$.²²

Mental health and cognitive disorders

The 30-item Geriatric Depression Scale (GDS)²³ and the Modified mini-mental state examination (3MS)²⁴ were used to assess the presence of depressive symptoms ($\text{GDS} \geq 11$) and cognitive impairment ($3\text{MS} < 80$), respectively.

Loss of autonomy

Disability, defined as needing help in ≥ 1 ADL, was assessed using the Functional autonomy measurement scale (SMAF).²⁵ Being bedridden during the daytime was measured during the 6-month follow-up phone calls.

Central nervous system and cardiovascular medication use

Medication use was classified according to the American hospital formulary system.

Social isolation

Not knowing anyone enough to visit them, and not leaving home were measured with the OARS Multidimensional Functional Assessment Questionnaire (social dimension).²¹

Low SES

Low household income was defined as a household income of less than \$20,000. Material deprivation was calculated at the dissemination area level using the Pampalon deprivation index.²⁶ Participants in the fifth quintile were considered as living in materially deprived neighbourhoods.

Environmental factors

Using participants' personal address transformed into unique latitude and longitude, a geomatic specialist determined whether this location was in an urban heat island (UHI), a coolness island or neither according to analysis of thermal information from Landsat satellite images.

Protective factors

Social participation was measured using a 10-item questionnaire scored on a 5-point scale from 1-almost every day to 5-never.²⁷ A score ≤ 30 reflected several activities at least once a week to almost daily, indicating high social participation. Visiting places with AC was defined as visiting at least one air conditioned place almost every day.

Older Adults Heat Vulnerability Index (OAHVI)

The OAHVI was developed to assess the cumulative risk of HRHO. A score ranging from 0 to 9 was calculated from the sum of categories of factors previously shown (1 point/category). Higher values reflect increased heat vulnerability.

Dependent variables: HRHO

Hot temperature days (HTD) were defined as days with a maximal temperature $\geq 30^{\circ}\text{C}$ as mortality increases at this threshold in Canadian communities.²⁸ HRHO were defined as all-cause EDP, hospitalisation (excluding day surgery) or death occurring during a HTD between May 15 and September 15 of years 2006 to 2010. Day surgeries were excluded because, in Quebec, they are generally planned in advance and are thus very unlikely to be related or caused by extreme heat. Given the small number of heat-related hospitalisations

(n=26) and deaths (n=2) during the five summers investigated, separate analyses for these outcomes could not be performed. Two outcomes were examined in this study: heat-related 1) EDP and 2) health events (EDP, hospitalisation or death).

Data Analyses

All-cause EDP, hospitalisation and death rates during hot and normal summer days were computed separately by dividing the occurrence of ≥ 1 health event per person during the five summers investigated by the number of person-days at risk during this period. Two sets of bivariate and multivariate logistic regression analyses were performed to identify predictors of both outcomes. Significant variables ($p < 0.05$) and those with a confounding effect were retained in final multivariate models. Data were weighted for sex, age, and region and analyses were performed with SAS 9.2 statistical software.

Ethics

The NuAge study was approved by the IUGM and IUGS ethics committees. All participants signed an informed consent form including an authorization to include their data in the NuAge database for investigative work by NuAge investigators and collaborators. This secondary study was approved by the IUGS, the *Commission d'Accès à l'Information du Québec* and the RAMQ. This study conformed to the principles embodied in the Declaration of Helsinki.

RESULTS

The 1233 study participants were similar to older adults excluded from this study because of missing HIN (n=446) with respect to sex, age, education and income. However, they were less likely ($p < 0.05$) to suffer from cardiovascular disease, take anti-Alzheimer's agents, not knowing anyone enough to visit them, not leaving home, living in an UHI and more likely to live in a coolness island as compared to study participants.

Out of 620 summer days observed between 2006 and 2010, 45 (7.3%) and 34 (5.5%) were HTD in Montreal/Laval and the Eastern Townships, respectively. During this period, 77

(15.1%) EDP, 26 (10.3%) hospitalisations, and 2 (8.3%) deaths occurred during HTD. EDP and hospitalisations among older adults were 2.6 and 1.7 times more frequent on HTD than on normal summer days respectively, as measured with incidence density ratios (Table 1). No statistical differences were observed between hot and normal summer days with respect to mortality rates.

Table 1: Rates of emergency department presentations, hospitalisations and deaths (all-cause) during hot temperature days ($T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) and normal summer days ($T_{max} < 30^{\circ}\text{C}$).

Health outcomes	ID per 100,000 persons-days (95% CI)		ID ratio
	HTD	NSD	HTD/NSD
Emergency department presentations	158 (128-188)	60 (55-65)	2.6
Hospitalisations	53 (36-70)	32 (29-35)	1.7
Deaths	4 (-1- 9)	3 (2-4)	1.3

Abbreviations: ID, Incidence density; HTD, hot temperature days; NSD, normal summer days.

Results of bivariate logistic regression analyses are shown in Table 2. Some medical factors, namely cardiovascular disease, diuretic medication use and limitations in ADL, increased the risk of heat-related EDP or health events ($p < 0.05$). Surprisingly, renal disease and antiepileptic medication use were found to be negatively associated with both outcomes. However, because of their very low prevalence in our sample (2-3%) and the lack of biological plausibility to support their counterintuitive association, these factors were not included in multivariate analyses. Low household income was the only social factor related to both outcomes. Living in an UHI was associated with more heat-related health events but not with EDP. Finally, high social participation was a strong protective factor for both outcomes.

Table 2: Frequency of heat-related EDP and health events from May 15 to September 15 (2006-2010) according to risk and protective factors and bivariate associations.

	HREDP		HRHE	
	Yes*	OR	Yes	OR
	n (% [†])	(95% CI) [†]	n (% [†])	(95% CI) [†]
<u>RISK FACTORS</u>				
Health conditions				
Physical health disorders				
Cardiovascular disease (n=468)	35 (7.6)	1.77 (0.82, 3.84)	39 (9.7)	2.14 (1.02, 4.48) [‡]
Pulmonary disease (n=54)	5 (11.6)	2.39 (0.53, 10.72)	6 (14.4)	2.61 (0.70, 9.72)
Neurological disease (n=17)	1 (4.1)	0.74 (0.08, 6.73)	1 (4.1)	0.62 (0.07, 5.67)
Renal disease (n=58)	2 (0.9)	0.16 (0.04, 0.71) [‡]	3 (1.4)	0.203 (0.06, 0.71) [‡]
Hypertension (n=614)	36 (5.3)	0.92 (0.43, 1.99)	41 (5.8)	0.80 (0.39, 1.65)
Diabetes (n=134)	9 (7.2)	1.38 (0.42, 4.55)	13 (8.9)	1.48 (0.52, 4.23)
Obesity (n=292)	23 (8.4)	1.83 (0.81, 4.17)	27 (10.1)	1.92 (0.88, 4.20)
≥1 physical health disorder (n=136)	55 (6.2)	1.60 (0.60, 4.28)	63 (7.5)	1.91 (0.73, 4.97)
Mental health or cognitive disorders				
Depressive symptoms (n=110)	4 (7.9)	1.55 (0.43, 5.54)	5 (8.1)	1.32 (0.38, 4.57)

Cognitive impairment (n=31)	2 (7.0)	1.25 (0.20, 7.94)	3 (7.9)	1.22 (0.23, 6.53)
≥1 mental health or cognitive disorders (n=136)	6 (7.7)	1.47 (0.46, 4.75)	8 (8.0)	1.27 (0.41, 3.95)
Loss of autonomy				
Needing help in activities of daily living (n=276)	26 (9.8)	2.56 (1.16, 5.63) [‡]	30 (10.5)	2.19 (1.03, 4.67) [‡]
Obligation to stay in bed during daytime (n=110)	8 (5.5)	0.95 (0.32, 2.75)	9 (5.8)	0.85 (0.31, 2.37)
≥1 factor associated with loss of autonomy (n=343)	29 (8.8)	2.08 (0.98, 4.40)	33 (9.4)	1.79 (0.87, 3.68)
≥1 health condition (physical or mental health/cognitive disorders, or loss of autonomy) (n=976)	59 (6.1)	1.43 (0.57, 3.63)	68 (7.3)	1.70 (0.68, 4.21)
Medication use				
Central nervous system medication use				
Anti-Parkinson's agent (n=17)	1 (3.9)	0.67 (0.08, 5.94)	1 (3.9)	0.57 (0.07, 5.03)
≥1 CNS medication use (n=103)	2 (0.5)	0.08 (0.02, 0.38) [§]	4 (4.2)	0.60 (0.11, 3.40)
Cardiovascular medication use				
Diuretic (n=238)	16 (10.2)	2.39 (1.04, 5.46) [‡]	19 (11.0)	2.12 (0.96, 4.68)

Antiarrhythmic or cardiotonic (n=464)	33 (5.9)	1.07 (0.51, 2.23)	39 (7.5)	1.24 (0.61, 2.54)
Nitrate vasodilator (n=78)	5 (5.0)	0.88 (0.21, 3.58)	6 (5.4)	0.80 (0.21, 3.01)
ACE-II inhibitor (n=242)	17 (5.8)	1.04 (0.47, 2.33)	19 (6.0)	0.89 (0.41, 1.93)
Calcium channel blocker (n=247)	21 (7.9)	1.57 (0.69, 3.60)	23 (8.8)	1.47 (0.67, 3.22)
≥1 cardiovascular medication use (n=640)	44 (6.9)	1.62 (0.72, 3.64)	50 (8.0)	1.62 (0.75, 3.49)
≥1 CNS or cardiovascular medication use (n=682)	45 (6.6)	1.46 (0.65, 3.28)	52 (8.3)	1.83 (0.83, 4.04)
Social factors				
Social isolation				
Living alone (n=389)	15 (4.8)	0.80 (0.33, 1.93)	19 (5.3)	0.73 (0.32, 1.67)
Not leaving home (n=60)	5 (5.0)	0.89 (0.25, 3.12)	5 (5.0)	0.75 (0.21, 2.60)
≥1 factor associated with social isolation (n=446)	20 (4.9)	0.82 (0.36, 1.87)	24 (5.4)	0.73 (0.33, 1.60)
Low socioeconomic status				
Household income <\$20,000 (n=188)	13 (14.3)	3.11 (1.26, 7.67) [§]	16 (14.7)	2.81 (1.16, 6.80) [‡]
≤ primary school level (n=247)	18 (8.5)	1.57 (0.61, 4.00)	21 (12.2)	2.13 (0.86, 5.28)
Material deprivation (most deprived quintile) (n=109)	11 (9.8)	2.08 (0.72, 6.05)	11 (9.8)	1.69 (0.59, 4.88)

≥ 1 factor associated with low socioeconomic status (n=439)	36 (11.9)	3.43 (1.68, 6.98) [§]	41 (13.6)	3.37 (1.71, 6.67) [§]
≥ 1 social factor (n=701)	43 (7.0)	1.58 (0.79, 3.15)	50 (8.1)	1.57 (0.80, 3.09)
Environmental factor				
Living in an urban heat island (n=386)	24 (8.3)	1.79 (0.86, 3.74)	29 (10.5)	2.20 (1.11, 4.36) [‡]
PROTECTIVE FACTORS				
Highly protective factor				
High social participation (n=127)	3 (1.2)	0.18 (0.04, 0.90) [‡]	3 (1.2)	0.15 (0.03, 0.75) [‡]
Visiting places with air conditioning (n=106)	8 (2.4)	0.39 (0.12, 1.26)	8 (2.4)	0.32 (0.10, 1.05)
≥ 1 highly protective factor (n=256)	10 (1.2)	0.16 (0.06, 0.46) [§]	10 (1.2)	0.14 (0.05, 0.39) [§]
Protective factor				
Talking on phone daily (n=730)	45 (6.2)	1.58 (0.68, 3.68)	51 (7.0)	1.35 (0.60, 3.04)
≥ 1 highly protective or protective factor (n=801)	50 (5.8)	0.97 (0.47, 2.01)	56 (6.6)	0.89 (0.44, 1.82)
Total sample (n=1233)	77 (5.9)	-	87 (6.8)	-
Abbreviations: HREDP, Heat-related emergency department presentation; HRHE, Heat-related health events; OR, Odds ratio, CI, Confidence Intervals.				
*Factors for which there was no occurrence of both outcomes have been removed as well as those having a coefficient of variation >15. †Weighted data for sex, age and regions.				
[‡] p<0.05. [§] p<0.01.				

Final independent and significant predictors of HRHO were the same for the two outcomes (Table 3). Disability and low household income were independent risk factors while high social participation strongly decreased risk of heat-related EDP and health events.

Table 3: Multivariate associations of risk and protective factors with heat-related EDP and health events.*

Risk and protective factors	HREDP		HRHE	
	AOR (95% CI)	p value	AOR (95% CI)	p value
Needing help in activities of daily living	2.66 (1.11, 5.41)	0.022	2.51 (1.13, 5.61)	0.025
Household income <\$20,000	3.20 (1.13, 8.50)	0.025	2.84 (1.06, 7.64)	0.038
High social participation	0.05 (0.01, 0.21)	<0.0001	0.04 (0.01, 0.18)	<0.0001

Abbreviations: HREDP, Heat-related emergency department presentation; HRHE, Heat-related health events, AOR, Adjusted Odds Ratios; CI, Confidence Intervals.

*Weighted data for sex, age and regions.

Associations between the cumulative risk index (OAHVI), treated as a categorical (0-1, 2-3, 4-5, 6-9) or a continuous (ranging from 0 to 9) variable, and both outcomes are presented in Table 4. Older adults presenting at least six factors out of nine (representing 10% of the sample) were 7-8 times more likely to have a heat-related EDP and health events as compared to participants having none or only one factor. Furthermore, for each additional risk factor or absence of protective factor, the likelihood of HRHO over five years increased approximately by 40%.

Table 4: Association of cumulative risk index (OAHVI) with heat-related EDP and heat-related health events.*

OAHVI [†]	n (%)	HREDP		HRHE	
		OR (95% CI)	<i>p</i> value	OR (95% CI)	<i>p</i> value
Categorical score					
0-1	171 (12.8)	1.0		1.0	
2-3	646 (39.3)	2.10 (0.53, 8.33)	0.324	2.15 (0.55, 8.51)	0.227
4-5	665 (37.8)	4.19 (1.08, 16.19)	0.184	5.51 (1.44, 21.09)	0.043
6-9	197 (10.1)	7.40 (1.51, 36.19)	0.022	7.77 (1.63, 37.20)	0.024
Continuous score[‡]					
	3.6 ± 1.6 ^c	1.38 (1.10, 1.72)	0.006	1.42 (1.16, 1.74)	0.001

Abbreviations: HREDP, Heat-related emergency department presentation; HRHE, Heat-related health events; OR, Odds Ratios; CI, Confidence Intervals.

*Weighted data for sex, age and region. [†]Cumulative number of risk factors, or absence of protective factors (range from 0 to 9). [‡]Mean ± SD.

DISCUSSION

Incidence of heat-related EDP (158 per 100,000 persons-days) among this generally healthy cohort of older adults living in Southern Quebec was similar to all-ages rates previously reported in Quebec (115 to 390 per 100,000 person-days).^{3-5,7} However, these provincial rates varied greatly from one year to another and were measured only in health regions that experienced heat waves, which may imply higher burden than single HTD. Defined as maximal/minimal temperature of $\geq 31^{\circ}\text{C}/\geq 18^{\circ}\text{C}$ and $\geq 33^{\circ}\text{C}/\geq 20^{\circ}\text{C}$ for at least three days,⁷ only one heat wave occurred in Montreal/Laval and two in the Eastern Townships during the five summers investigated. Daily temperature might better capture effects of heat, being more sensitive than heat waves. Also, given the general good health and autonomy of the NuAge participants at baseline, the true incidence among the whole older adult population could be higher than what was observed in our study when

accounting for those with poorer health and greater loss of autonomy and frailty. The small number of deaths observed precludes a clear conclusion with respect to the frequency of this specific outcome.

A wide range of medical, social and environmental factors were simultaneously examined in this study. In multivariate analyses, high social participation was strongly associated with decreased risk of heat-related EDP and health events. This is consistent with previous studies where increased social contact has been associated with a decreased risk of heat-related mortality¹³ whereas stopping usual activities during a heat wave has been associated with an increased risk of heat-related morbidity.¹⁸ ADL limitation was an independent risk factor of both outcomes. Loss of autonomy in ADL has been previously associated with heat-related mortality.¹⁴ Although disability and social participation may be correlated, we observed that they made distinct contributions to HRHO. Needing help in ADL signals an inability to care for oneself, which could lead to difficulties in achieving appropriate actions in order to prevent HRHO. In contrast, high social participation may protect against extreme heat as it may increase awareness among friends/family that a person feels ill, and may provide opportunities to seek advice.² Promoting social participation among older adults could be an effective strategy to prevent HRHO.

Low household income was associated with increased risk of both outcomes which is consistent with results from a study conducted during the 1999 Chicago heat wave.²⁹ Low income is associated with financial barriers that enable a person to take actions to reduce its heat vulnerability (e.g., absence of air conditioning).²

A major challenge when studying predictors of HRHO is determining the distinctive role of treatment versus underlying pathology being treated. In our study, a sub-analysis showed that diuretic medication was associated with heat-related EDP, independently of cardiovascular disease, hypertension and edema (OR=2.91, 95%CI: 1.23-6.92; data not showed). This suggests that simultaneous assessment of medication use and related diseases is needed to adequately assess potential causal factors. Further studies are needed to address this issue in Quebec.

Living in an UHI was positively associated with heat-related health events but this association did not remain significant when controlling for other factors in multivariate analysis. However, during the 2011 heat wave in the Eastern Townships, 51% of the deceased resided in an UHI, a statistically higher proportion than during the reference periods (31%).³⁰ This supports the hypothesis that people living in UHI are at higher risk of suffering of HRHO.

A positive strong gradient was observed between our OAHVI and both HRHO. This “easy-to-measure” index could be used clinically to determine the heat vulnerability of an individual. These results suggest that accumulation of medical, social and environmental risk factors, as well as absence of protective factors, contribute more to heat vulnerability than medical conditions alone. Therefore, assessment of all dimensions of heat vulnerability, using a biopsychosocial approach, is essential to identify most at-risk older adults and prevent heat-related issues.

Strengths

Based on a large sample of older Quebecers, this prospective 5-year study contributes to the current knowledge on predictors of HRHO. In contrast to earlier research, this study objectively measured heat-related outcomes. Moreover, selection of risk and protective factors was based on an older adult’s heat vulnerability model adapted from recent Health Canada guidelines, which encompasses every dimension of heat vulnerability. Finally, we proposed an “easy-to-measure” cumulative index based on this holistic conceptual model, which was found to be an important predictor of individuals’ global risk of HRHO.

Limitations

Risk and protective factors were not specifically measured during HTD. Over the 5-year period of investigation, variations could have occurred with respect to health status and social contacts which could have been over- or under-estimated. Another limitation is related to lack of information on AC at-home; however this was indirectly estimated by low SES as individuals with low income are less likely to have AC at-home and to use it. In addition, visiting air conditioned public places, a reasonable alternative to AC at-home, was

analysed. Other factors identified in Health Canada guidelines were not available in our database, such as living on the top floor of a building or a history of heat stroke/illness. Generalizability of our findings to other populations might be difficult since the study sample was composed of generally healthy community-dwelling older adults. Finally, analyses of specific predictors of hospitalisations and deaths' could not be performed.

RÉFÉRENCES

1. Intergovernmental panel on climate change. Summary for policymakers. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A : Global and Sectorial Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Available at: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_en.pdf (Accessed June 20, 2015).
2. Health Canada. Extreme Heat Events Guidelines: Technical Guide for Health Care Workers. 2011. Available at: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/climat/users-guide-utilisateur/index-eng.php> (Accessed March 5, 2012).
3. Bustinza R, Lebel G, Gosselin P, et al. Health impacts of the July 2010 heat wave in Québec, Canada. *BMC Public Health* 2013;13:56. doi: 10.1186/1471-2458-13-56.
4. Bustinza R, Lebel G, Dubé M. Surveillance des impacts sanitaires des vagues de chaleur extrême au Québec - Bilan de la saison estivale 2013. Québec : Institut national de santé publique du Québec. 2014. Available at: https://www.inspq.qc.ca/Data/Sites/1/SharedFiles/bise/ArticlePrinc_1_Juillet2014.pdf (Accessed July 20, 2015).
5. Bustinza R, Lebel G, Dubé M. Surveillance des impacts sanitaires des vagues de chaleur extrême au Québec - Bilan de la saison estivale 2014. Québec : Institut national de santé publique du Québec. 2015. Available at: <https://www.inspq.qc.ca/bise/surveillance-des-impacts-sanitaires-des-vagues-de-chaleur-extreme-au-quebec-bilan-de-la-saison-estivale-2014> (Accessed July 20, 2015).
6. Bustinza R, Lebel G. Surveillance des impacts sanitaires des vagues de chaleur extrême au Québec - Bilan de la saison estivale 2011. Québec : Institut national de santé publique du Québec. 2012. Available at: https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1508_SurvImpactsSaniVaguesChaleurExtremeQc_Bilan2011.pdf (Accessed July 20, 2015).
7. Lebel G, Bustinza R. Surveillance des impacts sanitaires des vagues de chaleur extrême au Québec - Bilan de la saison estivale 2012. Québec : Institut national de santé publique du Québec. 2013. Available at:

https://www.inspq.gc.ca/pdf/publications/1688_SurvImpacts_SanitVagueChalExtrQC.pdf (Accessed July 20, 2015).

8. Lippmann SJ, Fuhrmann CM, Waller AE, et al. Ambient temperature and emergency department visits for heat-related illness in North Carolina, 2007-2008. *Environ Res* 2013;124:35-42. doi: 10.1016/j.envres.2013.03.009.
9. Petkova EP, Morita H, Kinney PL. Health impacts of heat in a changing climate: how can emerging science inform urban adaptation planning? *Curr Epidemiol Rep* 2014;1:67-74.
10. Boyd CM, Fortin M. Future of multimorbidity research: How should understanding of multimorbidity inform health system design? *Public Health Rev* 2010;32:451-474.
11. Kenny GP, Yardley J, Brown C, et al. Heat stress in older individuals and patients with common chronic diseases. *CMAJ* 2010;182:1053-1060. doi: 10.1503/cmaj.081050.
12. Laverdière É, Généreux M, Gaudreau P, et al. Prevalence of risk and protective factors associated with heat-related outcomes in Southern Quebec: A secondary analysis of the NuAge Study. *Can J Public Health* 2015;106:e315-321. doi: 10.17269/cjph.106.5029.
13. Bouchama A, Dehbi M, Mohamed G, et al. Prognostic factors in heat wave related deaths: a meta-analysis. *Arch Intern Med* 2007;167:2170-2176.
14. Foroni M, Salvioli G, Rielli R, et al. A retrospective study on heat-related mortality in an elderly population during the 2003 heat wave in Modena, Italy: the Argento Project. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2007;62:647-651.
15. Bretin P, Vandertorren S, Zeghnoun A, et al. Étude des facteurs de décès des personnes-âgées résidant à domicile durant la vague de chaleur d'août 2003. Institut de Veille Sanitaire. 2004. Available at: http://www.invs.sante.fr/publications/2004/chaleur2003_170904/rapport_canicule.pdf (Accessed January 31, 2013).
16. Schmeltz MT, Sembajwe G, Marcotullio PJ, et al. Identifying individual risk factors and documenting the pattern of heat-related illness through analyses of hospitalization and patterns of household cooling. *PLoS One* 2015;10:e0118958. doi: 10.1371/journal.pone.0118958. eCollection 2015.
17. Tran KV, Azhar GS, Nair R, et al. A cross-sectional, randomized cluster sample survey in household vulnerability to extreme heat among slum dwellers in Ahmedabad, India. *Int J Environ Res Public Health* 2013;10:2515-2543. doi: 10.3390/ijerph10062515.
18. Larrieu S, Carcaillon L, Lefranc A, et al. Factors associated with morbidity during the 2003 heat wave in two population-based cohorts of elderly subjects: PAQUID and Three City. *Eur J Epidemiol* 2008;23:295-302. doi: 10.1007/s10654-008-9229-3.

19. Institut de la statistique du Québec. Panorama des régions du Québec. 2014. Available at: <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/panoramaregions.html> (Accessed August 8, 2014).
20. Gaudreau P, Morais JA, Shatenstein B, et al. Nutrition as a determinant of successful aging: description of the Quebec longitudinal study NuAge and results from cross-sectional pilot studies. *Rejuvenation Res* 2007;10:377–386.
21. Fillenbaum GG, Smyer MA. The development, validity and reliability of the OARS multidimensional functional assessment questionnaire. *J Gerontol* 1981;36:428–434. doi: 10.1093/geronj/36.4.428.
22. World Health Organization. Obesity and Overweight. 2013. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> (Accessed February 21, 2013).
23. McDowell I, Newell C. Measuring Health: A Guide to Rating Scales and Questionnaires. New York, NY, Oxford: Oxford University Press 1996:314–323.
24. Teng EL, Chui HC. The Modified Mini-Mental State (3MS) examination. *J Clin Psychiatry* 1987;48:314–318.
25. Hébert R, Guilbault J, Desrosiers J, et al. The Functional Autonomy Measurement System (SMAF): A clinical-based instrument for measuring disabilities and handicaps in older people. *GERIATRICS Today: Journal of the Canadian Geriatrics Society* 2001;4:141–147.
26. Institut national de santé publique du Québec. Guide méthodologique: « L'indice de défavorisation matérielle et sociale: en bref ». 2010. Available at: http://www2.inspq.qc.ca/santescope/documents/Guide_Metho_Indice_defavo_Sept_2010.pdf (accessed June 17, 2014).
27. Lefrançois R, Leclerc G, Dubé M, et al. Valued activities of everyday life among the very old: a one-year trend. *Act Adapt Aging* 2001;25:19–35. doi: 10.1300/J016v25n03_02.
28. Casati B, Yagouti A, Chaumont D. Regional Climate Projections of Extreme Heat Events in Nine Pilot Canadian Communities for Public Health Planning. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 2013;52:2669–2698. doi: 10.1175/JAMC-D-12-0341.1
29. Naughton MP, Henderson A, Mirabelli MC, et al. Heat-related mortality during a 1999 heat wave in Chicago. *Am J Prev Med* 2002;22:221–227.
30. Lebel G, Bustinza R, Dubé M. Évaluation du Fichier hebdomadaire des décès pour l'estimation des impacts des vagues de chaleur. Québec : Institut national de santé publique du Québec. 2015. Available at: https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1962_Evaluation_Fichier_Deces_Impact_Chaleur.pdf (Accessed December 6, 2015).

DISCUSSION

Cette étude visait à caractériser la vulnérabilité à la chaleur des personnes âgées vivant à en communauté au Sud du Québec, plus précisément celles vivant en Estrie, à Montréal et à Laval. Elle s'avérait nécessaire dans le contexte actuel puisque la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur au Québec est un réel enjeu pour les années à venir en raison du vieillissement de la population, de l'urbanisation et des changements climatiques. Toutefois, cette problématique a, somme toute, été très peu étudiée. Dans cette section, les constats principaux issus de l'étude seront présentés dans un premier temps. Ensuite, une analyse critique des résultats de l'étude, ses forces et limites ainsi que les retombées de l'étude seront présentées et suivi de quelques pistes de recherche.

PRINCIPAUX CONSTATS DE L'ÉTUDE

De manière générale, cette étude suggère que les aînés du Sud du Québec sont hautement vulnérables à la chaleur et que l'autonomie, le revenu et la participation sociale sont les principaux facteurs prédisant la survenue de VULC et d'ÉLC sur cinq ans. Bien que la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur des aînés était élevée chez les participants de l'étude, cette dernière n'était pas distribuée de manière uniforme dans les trois régions étudiées. Ceci est vrai particulièrement en ce qui a trait à certains facteurs médicaux (p. ex. : avoir besoin d'aide dans les AVQ), sociaux (p. ex. : vivre seul, le faible revenu et niveau d'éducation) et environnementaux (c.-à-d., le fait de vivre dans un ICU) dont la prévalence variait fortement sur le plan géographique. De plus, la création d'un indice cumulatif de vulnérabilité à la chaleur des personnes âgées, l'IVCPA, a permis de démontrer que la majorité d'entre elles présentaient simultanément plusieurs facteurs médicaux, sociaux et environnementaux augmentant leur vulnérabilité. L'incidence d'événements morbides ou fatals associés à la chaleur sur une période de cinq ans (2006 à 2010) était élevée, particulièrement les visites à l'urgence dont l'incidence était trois fois plus élevée un jour de température élevée comparativement à un jour de température

normale. Cette étude démontre également que la perte d'autonomie et les facteurs sociaux (c.-à-d., le faible revenu et la participation sociale) prédisent davantage la survenue des deux événements étudiés, les VULC et les ÉLC, que les autres facteurs médicaux, sociaux et environnementaux étudiés. Le fait de nécessiter de l'aide dans les AVQ et le faible revenu étaient des facteurs de risque alors que la participation sociale élevée était un facteur de protection de VULC et d'ÉLC. Finalement, le score de l'IVCPA était fortement et positivement associé à la survenue des deux événements. En effet, pour chaque facteur de risque ou l'absence de facteur de protection additionnel, la probabilité de souffrir de VULC ou d'ÉLC sur 5 ans augmentait d'environ 40%.

ANALYSE CRITIQUE DES RÉSULTATS

Reconnaisances des troubles de santé liés à la chaleur

Évaluer les impacts sanitaires de la chaleur au sein de la population est une tâche complexe étant donné que la chaleur, comme cause sous-jacente à divers événements morbides ou fatals, n'est pas souvent reconnue par les individus affectés ni même par les professionnels de la santé. Cet enjeu a été soulevé dans plusieurs recensions d'écrits récentes (Petkova *et al.*, 2014; Patz *et al.*, 2014; Herbst *et al.*, 2014; Singh *et al.*, 2013; Kovats et Hajat, 2008). Dans l'une de ces études, on estime que les décès liés à la chaleur seraient systématiquement attribués à des causes comme les arrêts cardiaques sans que la chaleur soit citée comme cause sous-jacente aux décès, menant ainsi à une sous-estimation des décès attribuables à la chaleur sur les certificats de décès (Patz *et al.*, 2014). De manière similaire, Singh et collaborateurs estiment que les décès liés à la chaleur seraient attribués à des troubles respiratoires, cardiovasculaires et cérébrovasculaires plutôt qu'à la chaleur (Singh *et al.*, 2013). De plus, une étude réalisée à Adélaïde en Australie a montré qu'il n'y avait aucun signe à l'autopsie permettant de distinguer les décès liés ou non à la chaleur, suggérant que la cause du décès n'est pas un indicateur fiable pour identifier les décès liés à la chaleur (Herbst *et al.*, 2014). Puisque les décès liés à la chaleur sont souvent sous-estimés, le dénombrement des décès directement attribuables à la chaleur est susceptible de sous-estimer de manière significative la fréquence de cette problématique.

Malheureusement, l'ampleur de cette sous-estimation n'a pas été bien quantifiée. Ainsi, la plupart des études épidémiologiques suivent une approche plus globale en estimant soit la mortalité toutes causes confondues, soit la mortalité pour des grandes catégories de causes pouvant être liées à la chaleur (p. ex. : troubles cardiovasculaires), en relation avec les températures observées (Petkova *et al.*, 2014). Malgré le nombre beaucoup moins important d'études ayant porté sur la morbidité liée à la chaleur, cet enjeu est également présent et mérite d'être étudié tout autant que la mortalité liée à la chaleur. Le nombre plus faible d'études sur la morbidité pourrait être expliqué par la plus grande disponibilité des données recensées sur les décès dans plusieurs villes à travers le monde. L'utilisation des données de mortalité, plutôt que les données de morbidité, aurait également l'avantage de mieux capter une réalité bien connue, à savoir que certaines personnes âgées confinées à la maison succombent à domicile d'un coup de chaleur (Petkova *et al.*, 2014). Malgré tout, la survenue d'événements morbides liés à la chaleur est fréquente, probablement beaucoup plus fréquente que les événements fatals. De plus, les événements morbides peuvent avoir un impact significatif sur la santé globale tel que la complication de pathologies préexistantes et le bien-être (Kovats et Hajat, 2008) en plus d'être évitables, notamment via des changements comportementaux des individus (Santé Canada, 2011).

Incidence des événements liés à la chaleur

Somme toute, cette étude montre que l'incidence des événements morbides ou fatals liés à la chaleur, particulièrement les VULC, est fréquente dans notre cohorte d'ainés généralement en bonne santé du Sud du Québec. De nombreux facteurs peuvent affecter l'incidence des événements morbides ou fatals liés à la chaleur rendant ainsi la comparaison des résultats avec les écrits scientifiques internationaux difficile. En effet, les impacts de la chaleur diffèrent notamment selon la population étudiée (p. ex. : population générale ou sous-échantillon de la population plus vulnérable à la chaleur, populations acclimatées ou non à la chaleur), l'accès aux soins de santé ainsi que l'intensité et la durée des épisodes de chaleur étudiés.

Dans cette étude, l'incidence d'événements morbides liés à la chaleur, particulièrement les VULC, est beaucoup plus fréquente que les événements fatals. Ce constat est cohérent avec les données annuelles du système québécois de Surveillance et de prévention des impacts

sanitaires des événements météorologiques extrêmes (SUPREME) qui, depuis mai 2010, fait un bilan annuel des impacts sanitaires des épisodes de chaleur extrême au Québec. Les taux d'incidence de décès, d'hospitalisations et de visites à l'urgence lors d'épisodes de chaleur extrême varient grandement selon la RSS et l'année. Pour les RSS touchées par des épisodes de chaleur extrême durant les saisons estivales de 2010, 2012 à 2014, les taux d'incidence par 100 000 personnes-jours variaient de deux à trois pour les décès, de 14 à 30 pour les hospitalisations et de 115 à 390 pour les visites à l'urgence (Bustinza *et al.*, 2013; Lebel et Bustinza, 2013; Bustinza *et al.*, 2014; Bustinza *et al.*, 2015). L'incidence des VULC (158 par 100 000 personnes-jours) dans notre cohorte d'ânés était similaire à la borne inférieure du taux tous âges rapportés ci-haut sur l'ensemble de la province. Toutefois, les taux provinciaux variaient selon la saison estivale et ont été rapportés seulement pour les RSS ayant expérimenté un ou plusieurs épisodes de chaleur extrême. Plus précisément, entre trois à huit des 18 RSS ont été affectées par des épisodes de chaleur extrême dépendamment des saisons estivales, l'Estrie ayant été affecté aux étés 2010 et 2013 alors que Montréal et Laval ont seulement été affectées à l'été 2010. Durant les saisons estivales de 2010 à 2014, les RSS de la province de Québec affectées par des épisodes de chaleur extrême étaient la Capitale-Nationale (2010), Chaudière-Appalaches (2010), l'Estrie (2010 et 2013), Lanaudière (2010), Laval (2010), la Montérégie (2010), Montréal (2010), l'Outaouais (2010, 2012 et 2013), le Saguenay–Lac-Saint-Jean (2012 à 2014), la Mauricie et Centre-du-Québec (2012, 2013), l'Abitibi-Témiscamingue et Nord-du-Québec (2012), le Bas-Saint-Laurent (2014) ainsi que la Gaspésie – Îles-de-la-Madeleine (2014). Ainsi, les taux provinciaux se distinguent des taux rapportés dans notre étude puisque 1) les régions touchées par de tels épisodes à l'échelle provinciale ne correspondent pas nécessairement à celles que nous avons étudiées situées au Sud du Québec, les taux provinciaux couvraient un territoire plus vaste incluant le nord du Québec et 2) le niveau de risque à la chaleur associé à un épisode de chaleur extrême est plus élevé comparativement à la mesure retenue dans cette étude, soit les jours de température élevée qui n'impliquent pas une période prolongée de chaleur. Durant notre étude, la survenue d'épisodes de chaleur extrême, tel que défini à l'échelle provinciale, était très faible durant la période étudiée et n'a pu être retenue comme mesure de l'exposition à la chaleur. En effet, un seul épisode était survenu à Montréal et Laval (en 2010) et deux épisodes étaient

survenus en Estrie (en 2009 et 2010) pour l'ensemble des saisons estivales 2006 à 2010. Toutefois, l'utilisation des jours de température élevée (température maximale $\geq 30^{\circ}\text{C}$) comme définition de l'exposition à la chaleur dans notre étude est plus sensible et, en contrepartie, moins spécifique que les épisodes de chaleur extrême. Notre étude a fait la démonstration que, même à ce seuil, il y a une augmentation significative et importante des événements morbides. En effet, les visites à l'urgence et les hospitalisations sont, respectivement, trois et 1,7 fois plus fréquentes les jours de température élevée comparativement aux jours de température normale. Ainsi, cela suggère que les intervenants du RSSS et du milieu communautaire devraient être sensibilisés au fait que des effets sanitaires (c.-à-d., événements morbides ou fatals liés à la chaleur) peuvent survenir avant même d'atteindre les seuils de chaleur extrême, en particulier chez les groupes vulnérables comme les aînés. D'ailleurs, une autre étude menée dans sept villes de la province du Québec dont Montréal, Laval et Sherbrooke, avait montré que le taux de mortalité relatif commençait à augmenter même à des températures quotidiennes moyennes aussi basses que 20°C (Santé Canada, 2011; Doyon et al., 2006; Doyon et al., 2008). De manière similaire, la mortalité commençait à augmenter lorsque la température maximale atteignait entre 27 à 30°C dépendamment des collectivités canadiennes (Casati *et al.*, 2013). Des études à l'international ont aussi démontrées une hausse des événements morbides ou fatals liés à la chaleur lors de jours chauds, les seuils de température associés à ces hausses variant grandement selon les régions. Par exemple, à Lisbonne et à Oporto au Portugal, la mortalité journalière augmentait de 6% et de 3% pour chaque augmentation d'un degré Celsius à partir du seuil de température maximale de 29°C et de 25°C respectivement, durant la saison estivale des années 2000 à 2004 (Almeida *et al.*, 2013). Dans une autre étude menée durant les saisons estivales des années 1990 à 2000 dans 15 villes européennes, la mortalité journalière augmentait de 3% et de 2% pour chaque augmentation d'un degré à partir du seuil de température maximale de 29°C et de 23°C pour les villes méditerranéennes et nord-continentales respectivement (Baccini *et al.*, 2008). Dans une recension des écrits plus récente, comprenant les périodes de 2001 à 2008, la relation entre la température et la mortalité dans plusieurs lieux a été examinée (Basu, 2009). Pour des seuils de température similaires en Méditerranée (29°C) et en Corée (27 à 30°C), la mortalité journalière pour chaque augmentation d'un degré Celsius de la température était

beaucoup moins élevée en Méditerranée (Europe), soit de 3%, comparativement à une augmentation variant de sept à 16% dans six villes de la Corée (Asie). Aux États-Unis, la mortalité augmentait d'environ 2% pour chaque augmentation de dix degrés Fahrenheit.

Ensuite, malgré que certaines études aient estimés les impacts sanitaires de la chaleur en considérant les jours de chaleurs mais également les jours subséquents (généralement au moins trois jours de température élevés consécutifs auxquels les trois jours subséquents sont ajoutés), cette mesure n'a pas été retenue dans notre étude. Les études ayant retenus cette méthode portaient sur la mortalité et considéraient les périodes prolongées de chaleur. Ici, nous avons définis les événements comme liés à la chaleur s'ils survenaient un jour de température élevée. Si l'on avait inclus d'emblée le jour suivant du jour de température élevée dans notre définition, nous aurions probablement eu beaucoup de faux positifs, c'est-à-dire que l'on aurait considéré des événements comme liés à la chaleur alors qu'ils ne le sont pas en réalité. Dans cette optique, nous avons optés pour une mesure plus spécifique mais moins sensible.

Enfin, considérant que les participants de l'étude NuAge étaient généralement en bonne santé et autonomes au moment du recrutement, il est possible que les taux d'incidence des visites à l'urgence et des hospitalisations lors de jours chauds soient sous-estimés par rapport à la population générale des personnes âgées au Québec qui tiendrait compte des personnes en moins bonne santé ou ayant une plus grande perte d'autonomie. Concernant les décès, trop peu sont survenus durant la période étudiée pour tirer des conclusions claires sur leur fréquence lors de jours chauds. À titre indicatif, seulement 19 décès sont survenus durant l'ensemble de la période étudiée dont deux durant un jour de température élevée et aucun dans les jours suivants ces jours chauds. Tout comme pour les événements morbides étudiés, il est possible qu'ils aient été sous-estimés.

Facteurs médicaux de vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur

L'ensemble des facteurs de risque et de protection aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur mesurés dans notre étude provenaient d'un cadre conceptuel, construit à partir des lignes directrices de Santé Canada (Santé Canada, 2011). Les facteurs de risque les plus

fréquents chez les aînés du Sud du Québec participant à notre étude étaient la prise de médication cardiovasculaire (51%), l'hypertension (47%) et les maladies cardiovasculaires (37%). De manière générale, les troubles de santé physique étaient cinq fois plus fréquents que les troubles de santé mentale ou cognitifs, le plus fréquent étant les symptômes dépressifs (12%). Il est à noter que les troubles de santé physique étaient déclarés par les participants à l'aide du questionnaire sur les dimensions physiques de l'*Older Americans' Resources and Services Multidimensional Functionnal Assessment Questionnaire* (Fillenbaum et Smyer, 1981), selon la Classification statistique internationale des maladies, traumatismes et causes de décès, neuvième révision (Institut canadien d'information sur la santé, 1986-2016) alors que les troubles de santé mentale correspondent à des symptômes dépressifs et cognitifs, mesurés par des questionnaires validés (c.-à-d., l'Échelle de Dépression Gériatrique [GDS; McDowell et Newell, 1996] et l'Échelle de statut mental modifié [3MS; Teng et Chui, 1987]). Dans les analyses bivariées de notre étude, le fait de souffrir d'une maladie cardiovasculaire augmentait de manière significative le risque d'ÉLC mais ce facteur n'est pas demeuré significativement associé aux ÉLC dans le modèle multivarié. Par ailleurs, tant les troubles de santé mentale ou cognitifs, incluant les symptômes dépressifs, que la prise de médication cardiovasculaire, n'augmentaient de manière significative le risque de VULC et d'ÉLC dans les analyses bivariées. Il n'y avait pas d'association significative non plus entre les deux événements mesurés et l'hypertension. Lors de l'épisode de chaleur survenu du 6 au 11 juillet 2010 à Montréal, 93 décès probablement ou possiblement en lien avec la chaleur sont survenus dans la communauté (ASSS de Montréal, 2011). Parmi ces 93 décès, la présence de facteurs de risque, soit des maladies préexistantes ou sous-jacentes, de type cardiovasculaire ont été observés chez 55 cas. Plus précisément, l'insuffisance cardiaque, les maladies coronariennes et autres maladies cardiaques ainsi que les facteurs de risque cardiovasculaire, c'est-à-dire l'hypertension et le diabète, étaient des facteurs de risque des personnes décédées. Les troubles de santé mentale ont également été identifiés comme des facteurs de risque importants durant cet épisode de 2010 à Montréal, pour un total de 31 cas dont 13 personnes souffrant de schizophrénie (seulement un cas de dépression) [ASSS de Montréal, 2011]. Rappelons cependant que cette étude, bien qu'intéressante, a utilisé un devis descriptif, à savoir une série de cas, qui ne permet aucunement d'établir une relation

causale entre les facteurs énoncés et les décès liés à la chaleur. Toutefois, puisque ces décès en communauté sont survenus chez une population dont l'état de santé était relativement stable malgré la présence de maladies sous-jacentes, les auteurs estiment que ces décès ne seraient peut-être pas survenus si précocement sans l'influence de la chaleur. Étant donné la bonne santé générale des participants à notre étude, l'impact des troubles de santé mentale plus rares tels que la schizophrénie n'a pas pu être étudié. Ainsi, malgré que les facteurs de risque liés à la santé cardiovasculaire ou mentale n'aient pas été associés à la survenue de VULC ou d'ÉLC chez les aînés du Sud du Québec participant à notre étude, ces facteurs devraient tout de même être considérés par les cliniciens lors de l'évaluation de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur de leur patient. En effet, ceux-ci sont fréquents, relativement faciles à détecter et ont été identifiés comme des facteurs de risque de décès liés à la chaleur au Québec (ASSS de Montréal, 2011) et dans des populations américaines ou européennes (Bouchama *et al.*, 2007).

Un enjeu majeur lorsqu'on désire déterminer les facteurs associés à la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur est l'examen de la contribution de la prise de médication indépendamment de la maladie sous-jacente pour laquelle elle est prescrite (Hajat *et al.*, 2010). Les résultats de la présente étude suggèrent que la prise de certaines classes de médicaments pourrait effectivement avoir un effet indépendant de la maladie. Les analyses ont montré que la prise de diurétiques était associée à un risque accru de VULC (RC=2,4; IC à 95 : 1,0-5,5. Valeur $p=0,04$) mais que cette association n'était plus statistiquement significative après l'ajustement pour certains facteurs sociaux (revenu, participation sociale) et l'autonomie, et n'a donc pas été retenue dans le modèle multivarié final. Par contre, dans une sous-analyse multivariée limitée aux facteurs médicaux, la prise de diurétiques était associée de manière statistiquement significative à la survenue de VULC (RCA=2,9; IC à 95% : 1,2-6,9), indépendamment des maladies pour lesquelles elle est généralement prescrite, soient les maladies cardiovasculaires, l'hypertension et l'œdème. Ainsi, les résultats de cette étude suggèrent qu'une considération simultanée de la médication et des maladies pour lesquelles elle est prescrite est nécessaire afin d'évaluer correctement la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur d'un individu sur le plan médical. Dans les écrits scientifiques, rares sont les études ayant examiné à la fois les maladies chroniques et la prise de médication comme prédicteurs

d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur, seules deux études européennes ont été identifiées en ce sens (Foroni *et al.*, 2007; Bretin *et al.*, 2004). Ces deux études n'ont toutefois pas permis d'émettre de conclusion à l'égard de la contribution de la prise de médication indépendamment des maladies sous-jacentes puisque ces deux catégories de facteurs médicaux n'ont pas été retenues simultanément dans les analyses multivariées finales. Par contre, une étude menée à Lyon, en France, durant l'épisode de chaleur survenu du 1^{er} au 20 août 2003, a montré une contribution indépendante de l'insuffisance cardiaque et de la médication anti-hypertensive prise à long terme (surtout les diurétiques) sur la mortalité suite à un coup de chaleur (Argaud *et al.*, 2007). Des études ultérieures sont nécessaires pour confirmer l'effet de la prise de médication, indépendamment des maladies chroniques, sur la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur chez les aînés vivant dans un contexte similaire à celui du Sud du Québec.

La polymédication (c.-à-d., la prise de plusieurs médicaments simultanément) de type cardiovasculaire et du système nerveux central (SNC) n'était pas associée à un risque significativement accru de VULC ou d'ÉLC dans notre étude. Une étude récente suggère de porter une attention particulière à la médication couramment utilisée qui peut affecter la thermorégulation et accentuer le risque de déshydratation et de MLC telle que les diurétiques, surtout lorsque la prise de diurétiques est combinée avec la prise d'inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine, d'antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II, d'anticholinergiques ou de psychotropes (Westaway *et al.*, 2015). Il est donc suggéré, à titre préventif, que les professionnels de la santé réévaluent, avant la saison chaude, l'état de santé ainsi que la médication de leurs patients pouvant mener à des problèmes de thermorégulation et ainsi réduire leur risque d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur (Westaway *et al.*, 2015). Ceci s'avère une avenue intéressante chez les aînés en contexte québécois puisque, d'après une étude exploratoire menée en Estrie, les médicaments sous ordonnance pouvant aggraver les effets de la chaleur sont davantage prescrits chez les personnes âgées de 65 ans et plus comparativement aux personnes âgées de 0 à 19 ans et de 20 à 64 ans. D'ailleurs, 40% des personnes âgées de 65 ans et plus avaient au moins une ordonnance active dont 25% avaient une seule ordonnance, 10% en avaient deux et 5% en avaient trois (Albert *et al.*, 2006). Dans notre étude, environ le cinquième (21%) des aînés prenait une seule des 11 catégories de médicaments de type

cardiovasculaire ou du SNC alors que 18% en prenaient deux et 15% en prenaient au moins trois. Les 11 catégories de médicaments de type cardiovasculaire ou du SNC examinées sont celles présentées au cadre conceptuel, c'est-à-dire les diurétiques, les antiarhythmiques et cardiotoniques, les vasodilatateurs nitriques, les inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine, les inhibiteurs calciques, les antipsychotiques ou neuroleptiques, les antidépresseurs, le lithium, les antiépileptiques, les agents anti-Alzheimer ainsi que les agents antiparkinsoniens. On observe que la prise concomitante de médication était légèrement plus élevée que celle observée par Albert et collaborateurs (2006), d'autant plus que ces derniers ne se limitaient pas à la prise de médication cardiovasculaire et du SNC. En effet, un peu plus des deux tiers des ordonnances se concentraient dans six catégories de médicaments selon la classification thérapeutique de l'*American Hospital Formulary Service* : inhibiteurs de l'HMG-COA réductase (20%), les bloquants bêta-adrénérgiques (18%), les antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II (9%), les bloquants du canal calcique (7%), les benzodiazépines (7%) ainsi que divers antidiabétiques (7%) [Albert *et al.*, 2006]. Parmi les participants généralement en bonne santé à l'inclusion dans l'étude NuAge, la prise de médication cardiovasculaire était également fréquente (54%), soit environ cinq fois plus élevée que la prise de médication du SNC (9%). Comparativement à l'étude menée par Albert et collaborateurs (2006), une plus forte proportion des participants de l'étude NuAge prenaient des antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II (17%) et des bloquants du canal calcique (18%). Toutefois, des différences méthodologiques pourraient expliquer ces écarts. D'abord, l'étude menée en Estrie ne renferme que les ordonnances des adhérents au régime public d'assurance médicaments du Québec, représentant environ 91% des personnes âgées de 65 ans et plus. De plus, seules les ordonnances actives en date du 13 juin 2004 (date à laquelle l'étude a été menée) ont été retenues.

Étonnamment, les analyses bivariées de la présente étude ont montré que les maladies rénales ainsi que la prise de médication antiépileptique étaient négativement, et non positivement, associés à la survenue de VULC et d'ÉLC. Néanmoins, seulement 1% des 58 aînés souffrant de maladie rénale ainsi que moins de 1% des 22 aînés prenant une médication antiépileptique ont souffert de VULC ou d'ÉLC. Le faible nombre de participants concernés rend impossible une interprétation claire de ces résultats inattendus

qui sont instables et donc plus ou moins fiables. Considérant l'instabilité (en raison des petits effectifs) et l'absence de plausibilité biologique soutenant ces résultats, les maladies rénales et la prise de médication antiépileptique n'ont pas été retenues dans le cadre des analyses multivariées. Des analyses complémentaires ont été réalisées et, en comparant les modèles multivariés incluant ces deux variables (maladie rénale et prise d'antiépileptiques) avec les modèles finaux retenus, on constate que ces deux variables n'expliquent qu'environ 0,4% de la variabilité des modèles multivariés parmi l'ensemble des facteurs prédisant de manière significative et indépendante la survenue de VULC et d'ÉLC.

Le fait de nécessiter de l'aide dans les AVQ était un facteur de risque fréquent, touchant plus du quart des participants à notre étude (27%), et indépendamment associé à la survenue de VULC (RCA=2,7; IC à 95% : 1,1-5,4) ainsi que d'ÉLC (RCA=2,5; IC à 95% : 1,1-5,6). Dans les écrits scientifiques internationaux, la perte d'autonomie a été mesurée de différentes façons et, comparativement à la variable utilisée dans notre étude (c.-à-d., le besoin d'aide dans les AVQ), impliquait un niveau de risque plus élevé. Dans une étude menée chez les aînés en Italie du 1^{er} au 30 août 2003, la perte d'autonomie, définie comme la dépendance dans au moins une AVQ, était associée à un risque accru de décès lié à la chaleur (RCA=3,6; IC à 95% : 2,0-6,3) [Foroni *et al.*, 2007]. Le confinement au lit a été indépendamment associé à un risque accru de décès liés à la chaleur (RCA=8,2; IC à 95% : 3,1-22,0) en 1995 à Chicago dans la population générale (Semenza *et al.*, 1996). Dans la même étude menée à Chicago en 1995, le fait d'être incapable de prendre soin de soi était aussi associé à un risque accru de décès liés à la chaleur dans les analyses bivariées (RC=4,1; IC à 95% : 2,0-8,5) mais cette association n'est pas demeurée significative après l'ajustement pour d'autres facteurs et a été retirée du modèle multivarié final (Semenza *et al.*, 1996). Chez les personnes âgées de 65 ans et plus en France lors de l'épisode de chaleur survenu du 8 au 13 août 2003, on constate que plus le degré d'autonomie de la personne est faible, plus le risque de décès est élevé (Bretin *et al.*, 2004). En effet, comparativement à une personne pouvant s'habiller et se laver toute seule, les personnes non indépendantes dans ces activités avaient un risque accru de quatre fois (RCA=4,0; IC à 95% : 1,4-11,4) de décès, ce risque étant plus que doublé, soit d'environ dix fois (RCA=9,6; IC à 95% : 2,9-31,8) pour les personnes confinées au lit ou au fauteuil (Bretin *et al.*, 2004). Un résultat similaire peut être constaté dans la méta-analyse de Bouchama et

collaborateurs où les personnes confinées au lit (RC=6,4; IC à 95% : 4,5-9,2) étaient environ deux fois plus susceptibles de succomber à la chaleur (décès) comparativement aux personnes incapables de prendre soin d'elles-mêmes (RC=3,0; IC à 95% : 1,8-4,8) [Bouchama *et al.*, 2007]. Somme toute, l'ensemble de ces études suggèrent que le risque de décès liés à la chaleur augmente en fonction de l'ampleur de la perte d'autonomie, étant plus faible pour les personnes dépendantes dans les AVQ ou incapables de prendre soin d'elles et augmentant de manière importante chez les personnes confinées au lit ou au fauteuil. Dans notre étude, 27% des participants nécessitaient de l'aide dans les AVQ, ce qui est beaucoup plus élevé que la prévalence déclarée dans les enquêtes (c.-à-d., l'Enquête nationale sur la santé de la population [3 enquêtes annuelles couvrant les années 1994 à 1999] et l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes [ESCC; 3 enquêtes couvrant les années 2000 à 2005] menées à l'échelle provinciale au Québec (2% à 6%) rapportées dans une étude récente de l'INSPQ (Choinière, 2010). Toutefois, des estimés plus récents, provenant de l'ESCC 2009 à 2010, ont montré que 21% des aînés de 65 ans et plus vivant en ménage privé au Québec avaient besoin d'aide dans les AVQ, cette proportion augmentant avec l'âge : 12% (65 à 74 ans), 28% (75 à 84 ans) et 60% (85 ans et plus) [Santé et services sociaux Québec, 2011; Institut de la statistique du Québec, 2012]. D'après ces estimés plus récents, relativement similaire à ceux de notre étude, il y a une proportion non négligeable de personnes ayant besoin d'aide dans les AVQ chez les personnes âgées au Québec, ce qui augmente leur vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur. Notre étude s'appuie sur une évaluation clinique de l'autonomie fonctionnelle tenant compte des incapacités et des handicaps. Puisque les personnes âgées surestiment généralement leur niveau fonctionnel (Schaie et Lawton, 1991), une mesure de l'autonomie déclarée par les personnes âgées n'est pas idéale. Nos résultats soulignent l'importance d'utiliser une évaluation clinique de l'autonomie fonctionnelle telle que le SMAF plutôt qu'une mesure déclarée par les participants pour étudier cet important facteur de risque. Cette incapacité à prendre soin de soi pourrait mener à des difficultés à adopter les mesures appropriées, tels que l'hydratation volontaire et le rafraîchissement efficace, afin de prévenir les troubles de santé liés à la chaleur (Santé Canada, 2011). D'un point de vue préventif, la sensibilisation des clientèles moins autonomes aux dangers que représente la chaleur constitue une occasion pour les fournisseurs de soins de prévenir les troubles de

santé liés à la chaleur chez les aînés (Santé Canada, 2011). De plus, la présente étude suggère que la perte d'autonomie et la participation sociale (qui sera abordée en détail dans la section sur les facteurs de protection), bien qu'inter-reliées, ont une contribution indépendante et distincte sur le risque de survenue de VULC et d'ÉLC.

Facteurs sociaux de vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur

Il est intéressant de constater que les facteurs sociaux, qui présentent les variations les plus prononcées entre les régions étudiées, prédisent fortement la survenue de VULC et d'ÉLC. D'ailleurs, notre étude suggère que les aînés ayant un revenu familial de moins de 20 000\$, soit 15% des participants à l'étude, ont environ trois fois plus de risque de souffrir de VULC ou d'ÉLC comparativement aux aînés ayant un revenu familial plus élevé. Le faible revenu est associé à des barrières financières qui peuvent empêcher les personnes de prendre des actions appropriées pour réduire leur vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur, notamment se munir d'un appareil de climatisation à la maison ou avoir la capacité financière d'utiliser l'appareil (Santé Canada, 2011). Au Québec, les personnes avec un revenu de moins de 20 000\$ sont de 1,3 à trois fois plus susceptibles de ne pas avoir l'air climatisé à la maison comparativement aux personnes plus aisées ayant un revenu de 80 000\$ et plus (Roy *et al.*, 2014; Gosselin *et al.*, 2008). D'ailleurs, dans une récente recension des écrits sur l'efficacité des mesures d'intervention proposées par les autorités de santé publique lors d'épisodes de chaleur, une barrière identifiée par les répondants pour se protéger des dangers de la chaleur était les coûts associés à l'utilisation d'un appareil de climatisation (Toloo *et al.*, 2013). À l'échelle nationale des États-Unis, on constate que les personnes défavorisées, les personnes âgées ainsi que celles au chômage ou sous-employées avaient de plus faibles taux d'utilisation de l'air climatisé et étaient à plus haut risque d'être hospitalisées pour des MLC (Schmeltz *et al.*, 2015). Toutefois, une étude californienne a montré que l'utilisation de l'air climatisé réduisait de manière significative les hospitalisations indépendamment de facteurs socioéconomiques, soient le revenu, la pauvreté ainsi que le pourcentage de personnes âgées de 65 ans et plus (Ostro *et al.*, 2010). Une alternative proposée par les autorités de santé publique est de passer quelques heures par jour dans des endroits climatisés lors de températures élevées. Toutefois, une personne vivant en marge de la société, qu'elle soit consciente ou non de sa vulnérabilité aux

événements morbides ou fatals liés à la chaleur, pourrait ne pas se sentir la bienvenue dans les centres où l'on peut se rafraîchir ou dans les places publiques où il y a de l'air climatisé et être ainsi réticente à s'y rendre (Santé Canada, 2011). Des enjeux de transport vers ces endroits climatisés peuvent aussi être soulevés. Finalement, les personnes ayant un plus faible revenu sont plus susceptibles d'avoir une maladie chronique ou d'autres facteurs de risque médicaux tels que l'obésité ou des troubles de santé mentale, d'avoir un logement moins adéquat, tous des facteurs pouvant augmenter leur vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur (Kovats et Hajat, 2008). Le cumul de facteurs de risque peut alors être important chez les personnes à faible revenu.

Facteurs environnementaux de vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur

Le seul facteur de risque environnemental examiné dans cette étude, le fait de vivre dans un ICU, touchait 35% des aînés et était associé à un risque accru d'ÉLC dans les analyses bivariées mais cette association n'était plus statistiquement significative après l'ajustement pour les autres facteurs de risque et de protection et n'a donc pas été retenu dans le modèle multivarié final. La vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur des individus résidant dans des ICU est accrue en raison d'une exposition plus intense à la chaleur, soit de 5°C à 10°C de plus (Anquez et Herlem, 2011) et pouvant atteindre jusqu'à 12°C (Giguère, 2009) comparativement aux zones environnantes. Il est intéressant de constater que dans notre étude, la proportion d'aînés vivant dans un ICU variait grandement sur le plan géographique. L'ampleur de cette problématique ne semble pas uniquement dépendre du niveau d'urbanisation puisque nos résultats montrent qu'environ le tiers des participants provenant de l'Estrie et de Montréal résident dans un ICU malgré d'importantes différences en regard de la densité résidentielle entre ces deux RSS. La formation, l'intensité et la variabilité spatio-temporelle des ICU dépend de six principaux facteurs de nature : 1) climatique (ciel clair, absence de vent, pollution atmosphérique), 2) énergétique (rejet de chaleur provenant de la consommation énergétique), 3) géographique (emplacement de la ville), 4) morphologique (densité des bâtiments, concentration et taux de croissance des végétaux), 5) politique (pratiques d'aménagement du territoire) et 6) structurelle (taille de la ville, rapport de surface minéralisée/végétalisée, occupation du sol)

(Lachance *et al.*, 2006). Certains écrits scientifiques rapportent des événements morbides ou fatals liés à la chaleur accrus en milieu urbain en raison des ICU (Tan *et al.*, 2010) alors que d'autres indiquent que la survenue de ces événements ne se restreint pas aux environnements urbains (Schmeltz *et al.*, 2015). À l'échelle nationale des États-Unis, le risque d'hospitalisation pour MLC était plus élevé dans les petits centres urbains (2 500 à 50 000 habitants) et les zones rurales (< 2 500 habitants) comparativement aux grands centres urbains (\geq 50 000 habitants) [Schmeltz *et al.*, 2015]. Schmeltz et collaborateurs (2015) suggèrent que le risque accru d'hospitalisations pour MLC hors des grands centres urbains pourrait être lié à la distance de voyage jusqu'à l'hôpital, à l'absence de système d'alerte à la chaleur, à certains facteurs sociaux comme des taux plus élevés de travail manuel et des connaissances en santé plus faibles. Un constat similaire a été observé en Caroline du Nord, où les visites à l'urgence pour MLC étaient plus élevées dans les zones rurales que dans les zones urbaines (Lippmann *et al.*, 2013). À l'inverse, les taux de mortalité à Shanghai en Chine étaient plus élevés dans les zones urbaines par rapport aux régions suburbaines et exurbaines (Tan *et al.*, 2010). Au Québec, parmi les RSS touchées par des épisodes de chaleur durant les saisons estivales 2010 (n=11 RSS, 14 épisodes de chaleur) et 2011 (n=4 RSS, quatre épisodes de chaleur), des comparaisons ont été effectuées entre la proportion des personnes qui, au moment du décès, résidaient dans un ICU pendant un épisode de chaleur donné et cette même proportion pendant les périodes de comparaison, définies comme des journées équivalentes pendant les années antérieures (Lebel *et al.*, 2015). Parmi les RSS affectées par des épisodes de chaleur, une proportion statistiquement plus élevée de personnes qui résidaient dans un ICU sont décédées, comparativement aux périodes de référence, pour ceux vivant dans la région de Chaudière-Appalaches en 2010 (35% contre 21%) ainsi que dans les régions de l'Estrie (51% contre 31%) et de Lanaudière (25% contre 11%) en juillet 2011. À titre indicatif, dans les trois RSS incluses dans notre étude, c'est-à-dire l'Estrie, Montréal et Laval, Lebel et collaborateurs (2015) estiment que 37%, 44% et 18% des personnes décédées résidaient dans un ICU respectivement en 2010 (ces pourcentages n'étant pas statistiquement plus élevés par rapport aux périodes de comparaison : 26%, 42% et 18% respectivement). En 2011, aucun épisode de chaleur n'est survenu à Montréal et Laval alors que la région de l'Estrie, tel que mentionné plus haut, a été affectée par un épisode de chaleur où 51% des

personnes décédées résidaient dans un ICU, une proportion statistiquement plus élevée comparativement aux périodes de comparaison (31%). Malgré les grandes différences méthodologiques entre notre étude et celle de Lebel et collaborateurs, tant en ce qui concerne la définition des événements morbides ou fatals liés à la chaleur que des périodes étudiées, nos résultats concordent avec le fait que résider dans un ICU augmente les risques d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur et que ce risque varie en fonction des régions. Dans notre étude, 7% et 6% (Estrie), 12% et 9% (Montréal) ainsi que 2% et 2% (Laval) des personnes âgées ayant souffert d'ÉLC et de VULC sur cinq étés respectivement, résidaient dans un ICU.

La promotion d'activités extérieures ou intérieures situées à l'extérieur des ICU pourrait être une stratégie efficace pour contrer l'effet néfaste de l'exposition à des conditions chaudes à la maison et ce, autant pour les populations d'aînés vivant dans les grands centres urbains que pour celles vivant dans les milieux semi-urbains ou ruraux. Par ailleurs, l'amélioration des infrastructures, particulièrement en milieu urbain, pourrait être une stratégie d'adaptation durable aux changements climatiques. L'augmentation de la végétation, une meilleure disposition des bâtiments et la création de toits verts pourraient notamment réduire l'effet des ICU (Patz *et al.*, 2014) et, par conséquent, réduire le stress thermique auquel les résidents sont exposés. La réduction de l'effet des ICU aurait aussi pour effet de diminuer la consommation d'électricité pour la climatisation, laquelle contribue au réchauffement de l'air extérieur. En effet, une étude récente a montré que la chaleur résiduelle provenant de la climatisation pourrait réchauffer l'air extérieur de plus d'un degré Celsius (Salamanca *et al.*, 2014). En conséquence, une diminution de la climatisation résidentielle pourrait avoir une influence directe sur la température extérieure observée dans les ICU.

Facteurs de protection aux événements morbides ou fatals liés la chaleur

Plus d'un dixième (14%) des participants de notre étude avait une participation sociale élevée. Malgré le nombre réduit de participants présentant ce facteur de protection, le fait d'avoir une participation sociale élevée était de loin le facteur le plus important de notre étude, étant associé à une diminution très marquée, de l'ordre de 95% (I.C. à 95% assez grands, variant entre 79% à 99%), du risque d'ÉLC et de VULC, indépendamment des

autres facteurs inclus dans les analyses multivariées. Ceci est cohérent avec d'autres études où des facteurs similaires ont été examinés (Bouchama *et al.*, 2007; Larrieu *et al.*, 2008). Un facteur de protection similaire, soit le fait d'accroître ses contacts sociaux, diminuait de 60% le risque de décès liés à la chaleur dans une méta-analyse comprenant six études cas-témoins (Bouchama *et al.*, 2007). D'un autre côté, le fait d'arrêter ses activités usuelles durant l'épisode de chaleur augmentait le risque de morbidité liée à la chaleur (défini comme la survenue de vertiges, de chutes, de perte d'équilibre, d'hospitalisation ou de décès durant l'épisode de chaleur de 2003) de 90% à 170% (Larrieu *et al.*, 2008). Socialiser peut augmenter la sensibilité et la vigilance des amis et de la famille, en plus de fournir des occasions à la personne âgée de rechercher des conseils ou d'adopter des mesures préventives, tel que la consommation suffisante d'eau (Santé Canada, 2011). Favoriser la participation sociale des individus, notamment dans des endroits frais ou climatisés, pourrait être une stratégie de prévention efficace pour prévenir la survenue d'évènements morbides ou fatals liés à la chaleur.

Dans notre étude, le fait de parler au téléphone à tous les jours était un facteur de protection fréquent (71%) mais qui n'a pas montré d'association significative avec la survenue de VULC ou d'ÉLC. Aucune étude ayant examiné ce facteur de protection n'a été identifiée dans écrits scientifiques. Toutefois, le fait d'avoir des contacts face à face avec les amis, la famille ou les voisins n'était pas associé à une diminution du risque de problèmes de santé physique ou mentale liés aux températures estivales très chaudes et humides dans une étude menée sur un an (2010 à 2011) dans les aires de diffusion très défavorisées des neuf villes les plus peuplées du Québec (Bélanger *et al.*, 2014). L'étude de Bélanger et collaborateurs incluait les villes de Sherbrooke (Estrie), Montréal et Laval examinées dans notre étude, mais seulement les résultats globaux sont rapportés; il est donc impossible d'estimer le rôle des différences régionales dans la survenue des problèmes de santé liés à la chaleur. Dans un document intitulé « Communiquer les risques des périodes de chaleur accablante pour la santé : la trousse à l'intention des responsables de la santé publique et de la gestion des urgences » produit par Santé Canada, l'un des messages clés pour protéger la santé des Canadiens est : « Visitez fréquemment les voisins, les amis et les membres de la famille plus âgés, surtout ceux qui souffrent d'une maladie chronique, afin de vous assurer qu'ils sont au frais et qu'ils sont hydratés. » (Santé Canada, 2011). On y souligne l'importance de

faire des visites à domicile pour déceler les signes d'une MLC qui pourrait passer inaperçue au téléphone. Ainsi, vérifier l'état de santé d'une personne à l'aide d'un appel téléphonique serait suffisant seulement pour les personnes qui ont une excellente capacité à prendre soin d'elles-mêmes. Afin de déterminer la fréquence optimale à laquelle on doit visiter la personne, l'évaluation de la capacité de la personne à prendre soin d'elle-même quotidiennement, mais également lors de conditions climatiques chaudes est nécessaire. Par exemple, lors d'épisodes de chaleur antérieurs, la personne a-t-elle pris des mesures pour se protéger de la chaleur tel que passer quelques heures dans un endroit frais ou boire beaucoup de liquides frais, surtout de l'eau, avant d'avoir soif? De plus, la personne est-elle en mesure de reconnaître les signes et symptômes des troubles de santé liés à la chaleur (pouvant menés à des événements morbides ou fatals) et de rechercher de l'aide? D'ailleurs, dans une étude menée lors l'épisode de chaleur de 1995 à Chicago, il a été suggéré que plusieurs visites par jour seraient nécessaires afin de prévenir efficacement la survenue d'événements liés à la chaleur (Naughton *et al.*, 2002). En effet, une proportion non négligeable, soit un peu plus de la moitié (53%) des 63 personnes décédées lors de l'épisode de 1995, avaient été visitées ou contactées par téléphone la journée de l'épisode de chaleur ou la veille. Naughton et collaborateurs ont suggéré qu'une meilleure sensibilisation des visiteurs face aux signes et symptômes des MLC s'avère nécessaire puisqu'au moins trois personnes parmi celles contactées présentaient des signes ou symptômes des MLC qui n'ont pas été reconnus et pour lesquels on n'a pas demandé d'intervention médicale.

Vulnérabilité cumulative à la chaleur

L'IVCPA, développé dans le cadre de cette étude, a montré que la très grande majorité des aînés étudiés présentaient, simultanément, plusieurs facteurs augmentant leur vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur, pour une médiane de trois facteurs par participants (sur une possibilité de neuf grands facteurs de risque). Pour construire cet indice, les facteurs de protection ont également été considérés, en cohérence avec notre cadre conceptuel adapté de Santé Canada, alors que l'absence d'un facteur de protection était comptabilisée comme un facteur de risque. Notre étude portait sur des aînés généralement en bonne santé alors la vulnérabilité cumulative à la chaleur pourrait être

encore plus élevée dans la population générale d'aînés du Québec qui considérerait également les aînés ayant davantage de problèmes de santé ou en plus grande perte d'autonomie. Par ailleurs, notre étude suggère que l'accumulation de différents types de facteurs de risque (médicaux, sociaux et environnementaux) contribue davantage à la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur que l'accumulation de facteurs d'un même type, tels que la comorbidité ou la polymédication. Ainsi, l'évaluation de toutes les dimensions de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur (c.-à-d., la santé physique, la santé mentale et cognitive, l'autonomie, la médication, le statut socioéconomique, l'isolement social, les conditions environnementales telles que le fait de résider dans un ICU et les facteurs de protection tels que la participation sociale élevée ou le fait de visiter des endroits avec l'air climatisé) serait nécessaire pour repérer adéquatement les individus les plus à risque de développer un trouble de santé lié à la chaleur. De plus, un gradient significatif a été observé entre l'IVCPA et le risque de VULC et d'ÉLC. Pour chaque facteur additionnel inclus dans notre indice cumulatif sur une période de cinq étés, une augmentation d'environ 40% a été observée. Ainsi, cet indice, facilement mesurable et prédisant le risque individuel de souffrir de la chaleur, pourrait être utilisé dans les milieux cliniques afin d'aider les intervenants à identifier leur clientèle la plus à risque et à adopter les interventions préventives auprès de ces derniers.

Les différentes méthodes utilisées pour la création des IVC ont été décrites dans la recension des écrits de Bao et collaborateurs regroupant un total de 15 études, menées principalement en Europe et aux États-Unis, qui ont examiné la vulnérabilité cumulative à la chaleur (Bao *et al.*, 2015). Après avoir déterminé les facteurs inclus dans les IVC, de nombreux chercheurs les ont, tout comme nous, normalisés en leur assignant une valeur entre zéro et un. Sur la prémisse que tous les déterminants étaient d'une importance égale, la somme de tous les facteurs retenus constituait l'IVC. La pondération équivalente pour tous les facteurs permet d'éviter la subjectivité qui est créée lors de l'assignation des valeurs pour chacun des facteurs lors du développement de l'indice. La normalisation des indicateurs suivie de l'agrégation quantitative non pondérée, que l'on nomme l'approche additive, est une des approches possibles pour la composition d'IVC. Des stratégies alternatives incluent le jugement d'expert ou des techniques statistiques multivariées telles que l'analyse en composantes principales ou l'analyse typologique. La majorité des IVC,

incluant ceux présentées dans la recension des écrits de ce mémoire, ont été développées grâce à l'analyse en composantes principales. La procédure développée par Reid et collaborateurs (Reid *et al.*, 2009) a souvent été utilisée. Brièvement, une analyse en composantes principales est effectuée et, pour chaque facteur retenu, un intervalle de valeur est assigné où les plus élevées dénotent une plus grande vulnérabilité. La somme de ces valeurs constitue l'IVC. Toutefois, cette analyse peut être plutôt complexe pour un clinicien et nécessite l'accès à un outil de calcul spécifique. C'est pourquoi l'IVCPA développé dans notre étude, se voulant simple, facilement mesurable et semblant avoir une bonne validité prédictive, pourrait être utilisé pour identifier les personnes les plus à risque.

Il est à noter que les indicateurs composant les IVC dans les écrits scientifiques incluent principalement des facteurs de risque sociaux (p. ex. : éducation, revenu, isolement social) et environnementaux (p. ex. : espaces verts) augmentant la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur et, plus rarement, des facteurs médicaux (p. ex. : diabète) ou l'absence de facteurs de protection (p. ex. : absence d'air climatisé) [Reid *et al.*, 2009; Harlan *et al.*, 2013; Johnson *et al.*, 2012; Vescovi *et al.*, 2005]. Certains IVC ont également inclus des facteurs spécifiques pour tenir compte de la vulnérabilité accrue des aînés dont l'âge avancé, définie comme la proportion de personnes âgées de 65 ans et plus (Reid *et al.*, 2009; Harlan *et al.*, 2013; Johnson *et al.*, 2012; Vescovi *et al.*, 2005) ou de 75 ans et plus (Rinner *et al.*, 2011). L'âge avancé comme facteur de risque n'était toutefois pas pertinent à retenir pour la création de notre IVCPA puisque, l'étude portait spécifiquement sur les personnes âgées. De plus, afin de tenir compte du processus d'échantillonnage, les données de l'étude ont été pondérées pour l'âge, le sexe et les régions. En revanche, nos résultats concordent avec le fait que plus une personne est âgée, plus elle est vulnérable. En effet, la moyenne du score de l'IVCPA non pondéré augmentait avec l'âge, soit de 3,2 (67-72 ans), 3,6 (73-77 ans) et de 4,0 (78-84 ans).

La majorité des IVC (simples ou plus complexes) développés et présentés dans les écrits scientifiques internationaux ont été utilisés par les auteurs afin de cartographier la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur, mesurée à l'échelle des quartiers. L'utilisation de tels indices a permis d'identifier les zones géographiques où ces événements étaient les plus fréquents et ainsi promouvoir des actions préventives ciblées

(Petkova *et al.*, 2014). Cependant, la mesure des IVC à une échelle géographique fine était souvent limitée à des variables de nature sociodémographique (p. ex. : variables tirées de recensement). L'examen de la vulnérabilité globale à la chaleur à une plus petite échelle serait souhaitable, quoique difficilement envisageable avec les données habituellement disponibles à cette échelle. Dans notre étude, des différences significatives dans la vulnérabilité globale (médicale, sociale et environnementale) aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur selon les régions ont été observées, à la fois en ce qui concerne l'IVCPA et les facteurs de risque individuels (principalement les facteurs sociaux et environnementaux). En ce qui concerne les facteurs médicaux, une plus forte proportion d'aînés en Estrie souffrait d'hypertension, était obligée de garder le lit durant la journée et prenait des inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine ou des bloqueurs des canaux calciques, alors qu'à Montréal, les aînés souffraient davantage de symptômes dépressifs ou prenaient plus fréquemment des antidépresseurs et qu'à Laval, ils souffraient davantage de maladie rénale. Des différences importantes selon les régions ont aussi été observées en ce qui concerne les facteurs de risque sociaux : une plus forte proportion d'aînés montréalais vivait seuls, alors que le faible revenu était deux fois plus fréquent en Estrie comparativement à Montréal et Laval. Quant aux facteurs environnementaux, la proportion d'aînés résidant dans un ICU était près de deux fois plus élevée en Estrie et à Montréal comparativement à Laval. Si on considère les facteurs de protection, une plus forte proportion d'aînés montréalais avaient une haute participation sociale, avaient visité des endroits avec air climatisé ou avaient parlé au téléphone tous les jours alors qu'une plus forte proportion d'aînés estriens vivaient dans des îlots de fraîcheurs. Finalement, les aînés en Estrie présentaient une vulnérabilité cumulative à la chaleur plus élevée comparativement aux deux autres régions étudiées, pour une médiane de quatre facteurs augmentant la vulnérabilité par participant. De manière générale, on constate donc que les aînés vivant en Estrie semblent plus vulnérables à la chaleur, et ce, tant sur le plan médical, social qu'environnemental. La vulnérabilité accrue des aînés en Estrie pourrait être attribuable au fait que les aînés de Montréal et Laval étaient en meilleure santé au moment du recrutement. D'ailleurs, les non-répondants à l'étude étaient plus susceptibles d'être âgés et de vivre dans les régions métropolitaines. Ceci a pu mener à une sous-estimation de la prévalence des facteurs de risque et à une sur-estimation de la prévalence des facteurs de

protection chez les aînés vivant à Montréal et Laval. De plus, ceci permet de mettre en évidence le fait que les facteurs influençant la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur sont propres à chaque région, soulignant ainsi l'importance de l'examen de la vulnérabilité à petite échelle. Plutôt que d'identifier des mesures uniformes, les actions préventives adoptées lors des épisodes de chaleur devraient être adaptées à la vulnérabilité locale des habitants, ce qui implique au préalable une bonne connaissance de cette vulnérabilité.

FORCES ET LIMITES DE L'ÉTUDE

Forces de l'étude

Une première force de cette étude est liée à l'échantillon, plus précisément sa taille et la stratégie d'échantillonnage utilisée pour le créer. Comparativement aux études antérieures portant sur le sujet, la cohorte d'aînés étudiée regroupait un nombre élevé de sujets, suivis pendant cinq étés consécutifs, ce qui a permis d'examiner la fréquence globale mais aussi la distribution régionale des facteurs de risque et de protection influençant la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur, ainsi que leur association avec la survenue de VULC et d'ÉLC. De plus, la stratégie d'échantillonnage utilisée dans l'étude NuAge étant probabiliste pour chacune des trois régions retenues, la probabilité d'un biais de sélection était réduite.

Une deuxième force de l'étude est son devis, soit une étude de cohorte prospective. Ce devis a permis de s'assurer du respect de la relation temporelle (Hill, 2015) entre la mesure de l'exposition (les facteurs de risque et de protection) et la mesure de la maladie (survenue de VULC et d'ÉLC). Rappelons que la plupart des études antérieures sur le sujet étaient des études cas-témoins, des études écologiques ou des séries de cas. Également, les données ont été recueillies de façon identique et indépendante au développement de la maladie, ce qui a permis de réduire la possibilité d'un biais d'information. Les biais d'information potentiels sont également réduits par la mesure objective de la maladie, par l'intermédiaire de données

médico-administratives plutôt que par l'intermédiaire de données déclarées par les participants comme ce fut le cas dans plusieurs autres études.

Une troisième force de cette étude est l'utilisation d'un modèle conceptuel de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur qui se veut exhaustif, construit à partir des lignes directrices de Santé Canada à l'intention des travailleurs de la santé (Santé Canada, 2011).

Finalement, l'examen simultané de plusieurs facteurs de risque et de protection, sélectionnés sur la base de notre modèle conceptuel, a permis de réduire la possibilité d'un biais de confusion. Les facteurs étudiés couvraient pratiquement toutes les dimensions de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur. De plus, un indice cumulatif de vulnérabilité à la chaleur des personnes âgées, l'IVCPA, examinant la présence simultanée de plusieurs facteurs de risque et l'absence de facteurs de protection à la chaleur, a été développé. L'IVCPA s'est avéré un important prédicteur du risque individuel de survenue de VULC et d'ÉLC. Cet indice, simple à mesurer, pourrait être utilisé en milieu clinique en tant qu'outil servant à repérer les aînés vulnérables à la chaleur.

En somme, cette étude se démarque de la majorité des écrits scientifiques actuels sur le sujet par : 1) le suivi longitudinal sur cinq ans d'un grand nombre de sujets, 2) l'étude simultanée d'un large éventail de facteurs de risque et de protection, incluant la médication; 3) l'examen de la distribution de ces facteurs dans trois régions distinctes et 4) l'examen de la morbidité liée à la chaleur, soit la survenue d'une visite à l'urgence ou d'une hospitalisation un jour de température élevée.

Limites de l'étude

Malgré ses forces, cette étude présente également quelques limites. D'abord, bien que la taille d'échantillon soit assez élevée, les événements étudiés étaient plutôt rares, en particulier les hospitalisations et les décès qui, au cours des cinq années de suivi, ne sont survenus que chez 26 et deux participants respectivement durant les jours de température élevée, affectant la puissance statistique de l'étude. Ce manque de puissance statistique a d'ailleurs empêché l'examen des associations entre les facteurs de risque et de protection

influençant la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur avec d'une part la survenue d'hospitalisations et, d'autre part, les décès.

Ensuite, malgré le choix d'un devis prospectif, la mesure objective de la maladie et la considération simultanée de plusieurs facteurs de risque et de protection, des biais d'information et de confusion sont possibles. Les données recueillies dans le cadre de l'étude NuAge ont été déclarées par les participants, ce qui augmente la possibilité de biais de désirabilité sociale et de mémoire pouvant mener à une sous- ou une sur-estimation de la prévalence de certains facteurs de risque ou de protection. Toutefois, ce biais est probablement non-différentiel selon les personnes ayant souffert ou non de VULC ou d'ÉLC. D'abord, les aînés ignoraient, au moment où ils ont été interrogés sur leurs facteurs de risque ou de protection, s'ils allaient souffrir ou non d'une VULC ou d'ÉLC lors des saisons estivales à venir; de plus, rien ne porte à croire qu'un biais de mémoire ait affecté différemment les personnes ayant ou non développé un événement morbide ou fatal lié à la chaleur. Une autre lacune de l'étude est l'absence d'information sur certains facteurs de risque et de protection identifiés dans les lignes directrices de Santé Canada. Par exemple, il est possible que la relation entre le faible revenu ainsi que les VULC et les ÉLC observée dans notre étude s'explique en partie par l'absence d'air climatisé (ou l'incapacité financière d'utiliser l'appareil), qui serait alors une variable médiatrice. Toutefois, puisqu'aucune donnée sur ce facteur de haute protection n'était disponible dans la base de données de l'étude NuAge, on ignore si c'est effectivement le cas ou non. De même, d'autres facteurs identifiés dans les lignes directrices de Santé Canada n'ont pu être examinés dans le cadre de cette étude tels que le fait de vivre au dernier étage d'un immeuble, de prendre des douches ou des bains supplémentaires lors d'épisodes de chaleur, l'alcoolisme, un antécédent de coups de chaleur ou de maladies provoquées par la chaleur ainsi qu'un manque d'acclimatation ou une acclimatation inadéquate. Ensuite, les facteurs de risque et de protection ont été mesurés avant la période estivale de 2006 et non pendant les jours de température élevée. L'impact est probablement négligeable sur la prévalence des facteurs médicaux tels que les maladies chroniques ou la prise de médication cardiovasculaire, qui sont relativement constants à travers le temps. Cependant, l'impact pourrait être plus important pour certains facteurs de protection, tels que le fait de visiter des endroits avec air climatisé ou d'avoir une participation sociale élevée. En effet, lors

d'épisodes de chaleur, certains aînés pourraient être portés à changer leurs habitudes ou leurs comportements pour s'adapter à la chaleur comme sortir davantage de la maison pour aller se rafraîchir quelques heures dans des endroits climatisés. À l'inverse, certains aînés pourraient cesser leurs activités quotidiennes lors de fortes chaleurs. Outre les variations possibles au cours d'une saison estivale, la prévalence de ces facteurs pourrait différer au cours de la période d'étude (cinq années) où un participant pourrait développer une maladie chronique ou modifier ses comportements. Dans la présente étude, les facteurs mesurés entre 2005 et 2006 sont utilisés pour prédire la survenue de VULC et d'ÉLC durant les saisons estivales des années 2006 à 2010. Malgré tout, il a été décidé de ne pas mesurer les facteurs avant chaque été, ce qui aurait réduit la puissance statistique de notre étude en raison de la perte au suivi (entre 3 et 6% par an) et, par conséquent, le pouvoir de détecter des associations significatives. De plus, les participants de l'étude NuAge ont été suivis annuellement pendant quatre années, s'échelonnant entre décembre 2003 et mars 2009. Ainsi, aucune donnée sur les facteurs de risque et de protection n'a été colligée jusqu'en 2010 alors que l'inclusion de cette saison estivale dans notre étude nous apparaissait essentielle puisqu'un important épisode de chaleur, touchant plusieurs RSS du Québec, y était survenu. Des enjeux de puissance statistique ont également empêché de faire des analyses indépendantes à chaque été, le nombre d'événements survenus un jour de température élevée étant trop faibles. Enfin, sauf exception, tout événement morbide ou fatal survenu un jour de température élevée a été considéré comme lié à la chaleur alors qu'on ne peut certifier que ces événements soient directement ou indirectement causés par la chaleur. Nos analyses démontrent cependant un excès important d'événements, en particulier les visites aux urgences (trois fois plus), les jours de température élevée par rapport aux jours de température normale.

En ce qui concerne la validité externe, cette étude regroupe une cohorte d'aînés relativement en bonne santé vivant en communauté dans trois régions du Sud du Québec, à savoir l'Estrie, Montréal et Laval. Ces trois régions sont assez distinctes au niveau des caractéristiques démographique, l'Estrie étant formée de zones urbaines, semi-urbaines et rurales alors que Montréal est une région métropolitaine et Laval une région urbaine, favorisant ainsi une relativement bonne représentativité de la province de Québec par rapport à plusieurs autres études réalisées dans des régions urbaines uniquement. Cette

étude suggère une variabilité régionale importante en regard de la prévalence des facteurs de risque et de protection, plus particulièrement les facteurs de nature sociale et environnementale. Les estimés de prévalence observés dans cette étude sont donc difficilement extrapolables aux autres régions du Québec, particulièrement celles situées au Nord du Québec. Concernant les associations observées entre les facteurs de risque ou de protection et l'indice cumulatif d'une part, et les VULC et les ÉLC d'autre part, on peut penser qu'elles sont applicables à d'autres régions ou pays dont le contexte est similaire à celui du Sud du Québec, tant en terme de conditions climatiques et socio-économiques ainsi que d'accès aux soins.

RETOMBÉES PRATIQUES ET SCIENTIFIQUES DE L'ÉTUDE

Cette étude a permis de dresser le portrait de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur des aînés du Sud du Québec. Cette étude souligne l'importance d'examiner la vulnérabilité à une échelle fine puisque les facteurs de vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur variaient grandement selon les régions étudiées. Ainsi, les intervenants du RSS devraient adapter leurs actions préventives à la réalité locale plutôt qu'appliquer des mesures uniformes pour la province du Québec. De plus, cette étude met en exergue l'importance de l'examen simultané de toutes les dimensions (médicales, sociales et environnementales) de la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur et suggère que le cumul de différents facteurs est fréquent chez les aînés du Sud du Québec.

Nos résultats soulignent que l'incidence des événements morbides, particulièrement les VULC, était plus élevée que les événements fatals liés à la chaleur. L'identification des facteurs les plus fortement associés à la survenue de VULC ou d'ÉLC, à savoir le besoin d'aide dans les AVQ, le faible revenu et la participation sociale élevée, permet ainsi aux intervenants du RSS de mieux cibler leurs actions. Des mesures de prévention primaire comme la réduction des facteurs de risque, le repérage des clientèles les plus à risque et l'adoption d'actions préventives ciblées pourraient être bonifiées grâce à cette étude. Par exemple, promouvoir une haute participation sociale, particulièrement dans des milieux

climatisés, pourrait être une stratégie primaire efficace pour prévenir la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur. Notre étude suggère aux intervenants en milieu clinique et communautaire de porter une attention particulière aux clientèles vulnérables telles que celles ayant besoin d'aide dans les AVQ ou ayant un faible revenu. L'éducation des aînés à risque et de leurs proches, ainsi qu'une vigilance accrue par les professionnels de la santé, permettrait une détection plus précoce des troubles de santé liés à la chaleur et ainsi prévenir la survenue d'événements morbides tels que les visites à l'urgence et les hospitalisations ainsi que les événements plus graves (décès). Outre les facteurs associés sur une base individuelle aux VULC et aux ÉLC dans cette étude, notre indice cumulatif de vulnérabilité était fortement associé à ces deux d'événements. L'IVCPA, prédisant le risque individuel de VULC et d'ÉLC, pourrait être utilisé par les cliniciens afin d'identifier leur clientèle la plus vulnérable à la chaleur et ainsi mettre en œuvre des stratégies de prévention ciblées discutées précédemment.

PISTES DE RECHERCHE

Le rôle indépendant de la médication des maladies sous-jacentes constitue un enjeu majeur pour bien caractériser la vulnérabilité aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur d'une population et serait particulièrement pertinent à étudier plus en profondeur.

L'indice cumulatif (IVCPA) développé dans le cadre de cette étude prédisait fortement la survenue de VULC et d'ÉLC. En effet, un gradient de type dose-réponse a été observé, alors que pour chaque facteur additionnel inclus dans l'IVCPA, une augmentation d'environ 40% de la survenue de ces événements était observée sur une période de cinq étés. Des études ultérieures portant sur ses qualités psychométriques dans différents contextes seraient pertinentes pour favoriser son utilisation à plus grande échelle.

Il n'a pas été possible dans cette étude de déterminer les facteurs associés à la survenue d'hospitalisations ou de décès liés à la chaleur. Le recrutement d'une plus grande cohorte d'aînés au Québec pourrait permettre d'identifier les facteurs associés à ces deux

événements de manière distincte et ainsi déterminer s'il existe des différences quant aux facteurs prédisant les événements morbides et les événements fatals.

CONCLUSION

En conclusion, les aînés du Sud du Québec participant à cette étude prospective sur cinq ans étaient hautement vulnérables à la chaleur. La grande majorité d'entre eux présentait simultanément plusieurs facteurs de risque, ou l'absence de facteurs de protection, de nature médicale, sociale ou environnementale. Les facteurs de vulnérabilité des personnes âgées aux événements morbides ou fatals liés à la chaleur variait selon les régions, suggérant la nécessité de mesures préventives adaptées à la réalité locale. L'indice cumulatif (IVCPA), considérant toutes les dimensions de la vulnérabilité à la chaleur, était fortement associé à la survenue des deux événements étudiés. Par ailleurs, les aînés ayant une faible autonomie ou un faible revenu étaient plus à risque de VULC et d'ÉLC alors que ceux actifs socialement l'étaient moins. Identifier les aînés les plus vulnérables, soit par l'entremise de l'indice cumulatif de vulnérabilité ou encore par les facteurs les plus fortement associés à la survenue d'événements morbides ou fatals liés à la chaleur, permettra de mettre en œuvre des stratégies préventives davantage ciblées.

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier mes directrices de maîtrise, Mélissa et Hélène. Je suis touchée de votre appui constant et généreux des dernières années, vous m'avez permis de mener à terme ce projet et j'en suis très reconnaissante. Je remercie également les membres de mon jury d'avoir généreusement accepté d'évaluer mon mémoire.

Je tiens également à remercier mes parents, Claudette et Jocelyn, qui, depuis que je suis toute petite, m'encouragent à viser haut et loin. Merci pour votre soutien, vos encouragements, votre écoute et d'être toujours là malgré la distance qui nous sépare.

Merci également à ma sœur, Marie-France, qui trouve toujours du temps pour m'envoyer des ondes d'énergie au travers de sa vie familiale bien remplie avec ses rayons de soleil, Arthur et Emma-Rose.

Enfin, merci à Mathieu, parce que tu m'as toujours su capable et fait confiance.

LISTE DES PUBLICATIONS

Agence de la Santé et des Services Sociaux de Montréal. (2011) Canicule 2010 à Montréal. Rapport du directeur de Santé Publique. Disponible au : http://publications.santemontreal.qc.ca/uploads/tx_asssmpublications/978-2-89673-036-0.pdf, page consultée le 15 septembre 2011.

Albert C, Proulx R et Richard P. (2006) Chaleur accablante et usage de médicaments – Étude exploratoire en Estrie. Bulletin d'information en santé environnementale de l'Institut National de Santé Publique. Disponible au : <https://www.inspq.qc.ca/bise/chaleur-accablante-et-usage-de-medicaments-etude-exploratoire-en-estrie>, page consultée le 15 septembre 2011.

Almeida S, Casimiro E, Analitis A. (2013) Short-term effects of summer temperatures on mortality in Portugal: A Time-Series Analysis. *J Toxicol Environ Health A* 76(7):422-428.

Anderson GB, Bell ML. (2011) Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities. *Environ Health Perspect* 119(2):210-218. doi: 10.1289/ehp.1002313.

Anquez P et Herlem A. (2011) Les îlots de chaleur dans la région métropolitaine de Montréal : causes, impacts et solutions. Chaire de responsabilité sociale et de développement durable – École des sciences de la gestion de l'UQÀM. Disponible au : http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/ARROND_RPP_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PDF-ILOTS.PDF, page consultée le 15 septembre 2015.

Argaud L, Ferry T, Le QH, Marfisi A, Ciorba D, Achache P, Ducluzeau R, Robert D. (2007) Short- and long-term outcomes of heatstroke following the 2003 heat wave in Lyon, France. *Arch Intern Med* 167(20):2177-2183.

Association des facultés de médecine du Canada. (2009) Chapitre 4 : Les concepts de base de la prévention, de la surveillance et de la promotion de la santé. Disponible au : <http://phprimer.afmc.ca/Latheoriereflechiralasante/Chapitre4LesConceptsDeBaseDeLaPreventionDeLaSurveillanceEtDeLaPromotionDeLaSant/Lestapesdelaprvention>, page consultée le 15 avril 2016.

Åström DO, Forsberg B, Rocklöv J. (2011) Heat wave impact on morbidity and mortality in the elderly population: a review of recent studies. *Maturitas* 69(2):99-105. doi: 10.1016/j.maturitas.2011.03.008.

Baccini M, Biggeri A, Accetta G, Kosatsky T, Katsouyanni K, Analitis A, Anderson HR, Bisanti L, D'Ippoliti D, Danova J, Forsberg B, Medina S, Paldy A, Rabczenko D, Schindler C, Michelozzi P. (2008) Heat effects on mortality in 15 European cities. *Epidemiology* 19(5):711-719. doi: 10.1097/EDE.0b013e318176bfd.

Bao J, Li X, Yu C. (2015) The construction and validation of the heat vulnerability index, a review. *Int J Environ Res Public Health* 12(7):7220-7234. doi: 10.3390/ijerph120707220.

Basagaña X, Sartini C, Barrera-Gómez J, Dadvand P, Cunillera J, Ostro B, Sunyer J, Medina-Ramón M. (2011) Heat waves and cause-specific mortality at all ages. *Epidemiology* 22(6):765-772. doi: 10.1097/EDE.0b013e31823031c5.

Basu R. (2009) High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Environ Health* 8:40. doi: 10.1186/1476-069X-8-40.

Beggs PJ, Vaneckova P. (2008) Admission to hospital for effects of heat and light: NSW, 1993-94 to 2003-04. *N S W Public Health Bull* 19(7-8):132-137.

Bélanger D, Gosselin P, Valois P, Abdous B. (2014) Perceived adverse health effects of heat and their determinants in deprived neighbourhoods: a cross-sectional survey of nine cities in Canada. *Int J Environ Res Public Health* 11(11):11028-11053. doi: 10.3390/ijerph111111028.

Bogdanović DC, Milošević ZG, Lazarević KK, Dolićanin ZC, Randelović DM, Bogdanović SD. (2013) The impact of the July 2007 heat wave on daily mortality in Belgrade, Serbia. *Cent Eur J Public Health* 21(3):140-145.

Bouchama A, Dehbi M, Mohamed G, Matthies F, Shoukri M, Menne B. (2007) Prognostic factors in heat wave related deaths: a meta-analysis. *Arch Intern Med* 167(20):2170-2176.

Bretin P, Vandertorren S, Zeghnoun A et Ledrans M. (2004) Étude des facteurs de décès des personnes-âgées résidant à domicile durant la vague de chaleur d'août 2003. Institut de Veille Sanitaire. Disponible au : http://www.invs.sante.fr/publications/2004/chaleur2003_170904/rapport_canicule.pdf, page consultée le 31 janvier 2013.

Bustinza R, Lebel G, Gosselin P, Bélanger D, Chebana F. (2013) Health impacts of the July 2010 heat wave in Québec, Canada. *BMC Public Health* 13:56. doi: 10.1186/1471-2458-13-56.

Bustinza R, Lebel G et Dubé M. (2014) Surveillance des impacts sanitaires des vagues de chaleur extrême au Québec : Bilan de la saison estivale 2013. Bulletin d'information en santé environnementale de l'Institut National de Santé Publique. Disponible au : https://www.inspq.qc.ca/Data/Sites/1/SharedFiles/bise/ArticlePrinc_1_Juillet2014.pdf, page consultée le 20 juillet 2015.

Bustinza R, Lebel G, Dubé M. (2015) Surveillance des impacts sanitaires des vagues de chaleur extrême au Québec - Bilan de la saison estivale 2014. Bulletin d'information en santé environnementale de l'Institut National de Santé Publique. Disponible au : <https://www.inspq.qc.ca/bise/surveillance-des-impacts-sanitaires-des->

[vagues-de-chaaleur-extreme-au-quebec-bilan-de-la-saison-estivale-2014](#), page consultée le 20 juillet 2016.

Bustinza R, Lebel G. (2012) Surveillance des impacts sanitaires des vagues de chaleur extrême au Québec - Bilan de la saison estivale 2011. Institut national de santé publique du Québec. Disponible au : https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1508_SurvImpactsSaniVaguesChaleurExtremeQc_Bilan2011.pdf, page consultée le 20 juillet 2015.

Canadian environmental health atlas. (2016) Heat waves. Disponible au: <http://ehatlas.ca/climate-change/heat-waves>, page consultée le 29 janvier 2016.

Casati B, Yagouti 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.

Centers for Disease Control and Prevention. (2013) Heat-related deaths after an extreme heat event – four states, 2012, and United States, 1999-2009. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 62(22):433-436.

Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Est-de-l'Île de Montréal. (2015) Il fait très chaud! Premier avertissement de chaleur de l'été. Directeur de santé publique de Montréal. Disponible au : <http://ciusss-centreestmtl.gouv.qc.ca/le-ciusss/medias/2015-07-28/>, page consulté le 28 juillet 2015.

Cerutti B, Tereanu C, Domenighetti G, Cantoni E, Gaia M, Bolgiani I, Lazzaro M, Cassis I (2006). Temperature related mortality and ambulance service interventions during the heat waves of 2003 in Ticino (Switzerland). *Soz Präventivmed* 51(4):185-193.

Cheng CS, Campbell M, Li Q, Li G, Auld H, Day N, Pengelly D, Gingrich S, Klaassen J, MacIver D, Comer N, Mao Y, Thompson W et Lin H. (2005) Differential and combined impacts of winter and summer weather and air pollution due to global warming on human mortality in south-central Canada. Technical Report. Toronto: Toronto Public Health. Disponible au : http://www1.toronto.ca/City%20Of%20Toronto/Toronto%20Public%20Health/Healthy%20Public%20Policy/PDF%20Reports%20Repository/weather_air_pollution_impacts.pdf, page consultée le 26 janvier 2016.

Choinière R. (2010) Vieillissement de la population, état fonctionnel des personnes âgées et besoins futurs en soins de longue durée au Québec. Institut national de santé publique du Québec. Disponible au: http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1082_VieillissementPop.pdf, page consultée le 30 juillet 2014.

Choudhary E, Vaidyanathan A. (2014) Heat stress illness hospitalizations – environmental public health tracking program, 20 States, 2001-2010. *MMWR Surveill Summ* 63(13):1-10.

Christenson ML, Geiger SD, Anderson HA. (2013) Heat-related fatalities in Wisconsin during the summer of 2012. *WMJ* 112(5):219-223.

D'Ippoliti D, Michelozzi P, Marino C, de'Donato F, Menne B, Katsouyanni K, Kirchmayer U, Analitis A, Medina-Ramón M, Paldy A, Atkinson R, Kovats S, Bisanti L, Schneider A, Lefranc A, Iñiguez C, Perucci CA. (2010) The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environ Health* 9:37. doi: 10.1186/1476-069X-9-37.

Direction de santé publique de Montréal. (2006) Chaleur accablante – « Docteur, il fait chaud pour mourir! ». Prévention en pratique médicale. Disponible au : http://publications.santemontreal.qc.ca/uploads/tx_asssmpublications/1481-3734-JUIN2004.pdf, page consultée le 30 juillet 2014.

Doyon B, Bélanger D et Gosselin P. (2006) Effets du climat sur la mortalité au Québec méridional de 1981 à 1999 et simulations pour des scénarios climatiques futurs. Institut national de santé publique. Disponible au : https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/536-EffetsCimatMortalite_Quebec.pdf, page consultée le 30 octobre 2015.

Doyon B, Bélanger D, Gosselin P. (2008) The potential impact of climate change on annual and seasonal mortality for three cities in Québec, Canada. *Int J Health Geogr* 7:23. doi: 10.1186/1476-072X-7-23.

Fillenbaum GG, Smyer MA. (1981) The development, validity, and reliability of the OARS multidimensional functional assessment questionnaire. *J Gerontol* 36(4):428–434.

Faroni M, Salvioli G, Rielli R, Goldoni CA, Orlandi G, Zauli Sajani S, Guerzoni A, Maccaferri C, Daya G, Mussi C. (2007) A retrospective study on heat-related mortality in an elderly population during the 2003 heat wave in Modena, Italy: the Argento Project. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 62(6):647-651.

Giguère M. (2009) Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains. Institut national de santé publique du Québec. Disponible au : https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/988_MesuresIlotsChaleur.pdf, page consultée le 25 octobre 2015.

Gosselin P, Bélanger D et Doyon B. (2008) Chapitre 6 – Les effets des changements climatiques sur la santé au Québec. Disponible au : http://www.ouranos.ca/fr/pdf/ouranos_chapitre-6.pdf, page consultée le 30 avril 2014.

Gouvernement du Canada. (2016) Environnement et changement climatique Canada : Critères d'alertes météos publiques. Disponible au : <http://ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=D9553AB5-1#chaleurhumidite>, page consultée le 20 janvier 2016.

Gouvernement du Canada. (2015) Alertes météo publiques pour le Canada. Disponible au : https://meteo.gc.ca/warnings/index_f.html, page consultée le 28 juillet 2015.

Gouvernement du Canada. (2015) Climat: Glossaire. Disponible au : http://climat.meteo.gc.ca/glossary_f.html#maxTemp, page consultée le 9 juillet 2015.

Gouvernement du Canada. (2015) Environnement et Changements climatiques Canada : Risques de printemps et d'été. Disponible au : <http://ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=6c5d4990-1>, page consultée le 9 juillet 2015.

Gouvernement du Canada. (2013) Environnement et changement climatique Canada : Glossaire de météorologie. Disponible au : <https://ec.gc.ca/meteoaloeil-skywatchers/default.asp?lang=Fr&n=7884CDEA-1&def=show04232CC42>, page consultée le 20 juillet 2015.

Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat. (2014) Changements climatiques 2014: Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de travail II au cinquième. Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève, Suisse : Organisation météorologique mondiale. Disponible au : https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_fr.pdf, page consultée le 20 juin 2015.

Grémy I, Lefranc A, Pépin P. (2004) Conséquences sanitaires de la canicule d'août 2003 en Ile-de-France. Premier bilan. *Rev Epidemiol Sante Publique* 52:93-108.

Hajat S, O'Connor M, Kosatsky T. (2010) Health effects of hot weather: from awareness of risk factors to effective health protection. *Lancet* 375(9717):856-863. doi: 10.1016/S0140-6736(09)61711-6.

Harlan SL, Deplet-Barreto JH, Stefanov WL, Petitti DB. (2013) Neighborhood effects on heat deaths: Social and environmental predictors of vulnerability in Maricopa County, Arizona. *Environ Health Perspect* 121(2):197–204. doi: 10.1289/ehp.1104625.

Henderson SB, Wan V, Kosatsky T. (2013) Differences in heat-related mortality across four ecological regions with diverse urban, rural, and remote populations in British Columbia, Canada. *Health Place* 23:48-53. doi:10.1016/j.healthplace.2013.04.005.

Herbst J, Mason K, Byard RW, Gilbert JD, Charlwood C, Heath KJ, Winskog C, Langlois NE. (2014) Heat-related deaths in Adelaide, South Australia: Review of the literature and case findings - An Australian perspective. *J Forensic Leg Med* 22:73-78. doi:10.1016/j.jflm.2013.12.018.

Hill AB. (2015) The environment and disease: association or causation? 1965. *J R Soc Med* 108(1):32-37. doi:10.1177/0141076814562718.

Hondula DM, Davis RE, Rocklöv J, Saha MV. (2013) A time series approach for evaluating intra-city heat-related mortality. *J Epidemiol Community Health* 67(8):707-712. doi:10.1136/jech-2012-202157.

Hondula DM, Davis RE, Saha MV, Wegner CR, Veazey LM. (2015) Geographic dimensions of heat-related mortality in seven U.S. cities. *Environ Res* 138:439-452. doi:10.1016/j.envres.2015.02.033.

Institut canadien d'information sur la santé. (1986-2016) CIM-9/CCA et ICD-9-CM. Disponible au : <https://www.cihi.ca/fr/donnees-et-normes/normes/classification-et-codification/cim-9cca-et-icd-9-cm>, page consultée le 15 Décembre 2015.

Institut de la statistique du Québec. (2015) Panorama des régions du Québec – édition 2015. Disponible au: <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/panorama-regions.html>, page consultée le 8 août 2014.

Institut de la statistique du Québec. (2012) Vieillir en santé au Québec : portrait de la santé des aînés vivant à domicile en 2009-2010 – Série Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes. Zoom Santé. Disponible au : <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/sante/bulletins/zoom-sante-201202.pdf>, page consultée le 25 janvier 2016.

Institut national de prévention et d'éducation pour la santé. (2007) Fortes chaleurs : prévenir les risques sanitaires chez la personne âgée. Disponible au : <http://www.inpes.sante.fr/CFESBases/catalogue/pdf/1033.pdf>, page consultée le 5 octobre 2011.

Institut national de santé publique. (2001-2010) Vagues de chaleur. Gouvernement du Québec. Disponible au : <http://www.monclimatmasante.qc.ca/vagues-de-chaleur.aspx>, page consultée le 30 septembre 2015.

Intergovernmental panel on climate change. (2014) Summary for policymakers. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A : Global and Sectorial Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible au : https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_en.pdf, page consultée le 20 juin 2015.

Intergovernmental panel on climate change. (2007) Climate change 2007: synthesis report. Disponible au : https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf, page consultée le 3 mai 2014.

Johnson H, Kovats RS, McGregor G, Stedman J, Gibbs M, Walton H, Cook L, Black E. (2005) The impact of the 2003 heat wave on mortality and hospital admissions in England. *Health Stat Q* Spring(25):6-11.

Johnson DP, Stanforth A, Lulla V, Luber G. (2012) Developing an applied extreme heat vulnerability index utilizing socioeconomic and environmental data. *Appl Geogr* 35(1-2):23-31. doi:10.1016/j.apgeog.2012.04.006.

Kenny GP, Yardley J, Brown C, Sigal RJ, Jay O. (2010) Heat stress in older individuals and patients with common chronic diseases. *CMAJ* 182(10):1053-1060. doi:10.1503/cmaj.081050.

Knowlton K, Rotkin-Ellman M, King G, Margolis HG, Smith D, Solomon G, Trent R, English P. (2009) The 2006 California Heat Wave: Impacts on Hospitalizations and Emergency Department Visits. *Environ Health Perspect* 117(1):61-67. doi:10.1289/ehp.11594.

Kovats RS, Hajat S, Wilkinson P. (2004) Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. *Occup Environ Med* 61(11):893-898.

Kovats RS, Hajat S. (2008) Heat stress and public health: a critical review. *Annu Rev Public Health* 29:41-55.

Lachance G, Baudouin Y et Guay F. (2006) Étude des îlots de chaleur montréalais dans une perspective de santé publique. Disponible au : <https://www.inspq.qc.ca/bise/post/2006/06/15/Etude-des-ilots-de-chaleur-montrealais-dans-une-perspective-de-sante-publique.aspx>, page consultée le 1^{er} mai 2014.

Lan L, Cui G, Yang C, Wang J, Sui C, Xu G, Zhou D, Cheng Y, Guo Y, Li T. (2012) Increased Mortality During the 2010 Heat Wave in Harbin. *Ecohealth* 9(3):310-314. doi:10.1007/s10393-012-0790-6.

Laplante L et Roman S. (2006) Guide d'intervention : chaleur accablante volet santé publique. Disponible au : <http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/pdf/Guide-intervention.pdf>, page consultée le 29 septembre 2015.

Larose J, Boulay P, Sigal RJ, Wright HE, Kenny GP. (2013) Age-Related Decrements in Heat Dissipation during Physical Activity Occur as Early as the Age of 40. *PLoS One* 8(12):e83148. doi:10.1371/journal.pone.0083148.

Larrieu S, Carcaillon L, Lefranc A, Helmer C, Dartigues JF, Tavernier B, Ledrans M, Filleul L. (2008) Factors associated with morbidity during the 2003 heat wave in two population-based cohorts of elderly subjects : PAQUID and Three City. *Eur J Epidemiol* 23(4):295-302. doi:10.1007/s10654-008-9229-3.

Lebel G, Bustinza R et Dubé M. (2015) Évaluation du Fichier hebdomadaire des décès pour l'estimation des impacts des vagues de chaleur. Institut national de santé publique du Québec. Disponible au : https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1962_Evaluation_Fichier_Deces_Impact_Chaleur.pdf, page consultée le 6 décembre 2015.

Lebel G et Bustinza R. (2011) Surveillance des impacts sanitaires des vagues de chaleur au Québec – Bilan de la saison estivale 2010. Institut national de santé publique du Québec. Disponible au : https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1275_SurvImpactsChaleurBilanEte2010.pdf, page consultée le 30 janvier 2016.

Lebel G et Bustinza R. (2013) Surveillance des impacts sanitaires des vagues de chaleur extrême au Québec - Bilan de la saison estivale 2012. Institut national de santé publique du Québec. Disponible au : https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1688_SurvImpacts_SanitVagueChalExtrQC.pdf, page consultée le 20 juillet 2015.

Lippmann SJ, Fuhrmann CM, Waller AE, Richardson DB. (2013) Ambient temperature and emergency department visits for heat-related illness in North Carolina, 2007-2008. *Environ Res* 124:35-42. doi:10.1016/j.envres.2013.03.009.

Marieb, E. N., 1936, & Lachaine, R. (2005). *Anatomie et physiologie humaines* (3e éd. ed.). Saint-Laurent, Qué: Éd. du Renouveau pédagogique.

Martel B, Giroux JX, Gosselin P, Chebana F, Ouarda TBMJ, Charron C. (2010) Indicateurs et seuils météorologiques pour les systèmes de veille-avertissement lors de vagues de chaleur au Québec. Institut national de santé publique du Québec. Disponible au : http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1151_IndicVeilleAvertissementVagueChaleur.pdf, page consultée le 31 août 2013.

McDowell, I., & Newell, C. (1996). *Measuring health: A guide to rating scales and questionnaires* (2nd ed.). New York: Oxford University Press.

Meteomedia. (2015) Longueuil, QC – Alertes en vigueur : Avertissement de chaleur. Disponible au : www.meteomedia.com/alerts/high-alert/canada/quebec/longueuil, page consultée le 28 juillet 2015.

Naughton MP, Henderson A, Mirabelli MC, Kaiser R, Wilhelm JL, Kieszak SM, Rubin CH, McGeehin MA. (2002) Heat-related mortality during a 1999 heat wave in Chicago. *Am J Prev Med* 22(4):221-227.

Nitschke M, Tucker GR, Bi P. (2007) Morbidity and mortality during heatwaves in metropolitan Adelaide. *Med J Aust* 187(11-12):662-665.

Nitschke M, Tucker GR, Hansen AL, Williams S, Zhang Y, Bi P. (2011) Impact of two recent extreme heat episodes on morbidity and mortality in Adelaide, South Australia: a case-series analysis. *Environ Health* 10:42. doi:10.1186/1476-069X-10-42.

Ostro B, Rauch S, Green R, Malig B, Basu R. (2010) The effects of temperature and use of air conditioning on hospitalizations. *Am J Epidemiol* 172(9):1053-1061. doi:10.1093/aje/kwq231.

Patz JA, Frumkin H, Holloway T, Vimont DJ, Haines A. (2014) Climate change: challenges and opportunities for global health. *JAMA* 312(15):1565-80. doi:10.1001/jama.2014.13186.

Petkova EP, Morita H, Kinney PL. (2014) Health impacts of heat in a changing climate: how can emerging science inform urban adaptation planning? *Curr Epidemiol Rep* 1(2):67-74.

Reid CE, O'Neill MS, Gronlund CJ, Brines SJ, Brown DG, Diez-Roux AV, Schwartz J. (2009) Mapping community determinants of heat vulnerability. *Environ Health Perspect* 117(11):1730-1736. doi:10.1289/ehp.0900683.

Rinner C, Patychuk D, Briggs S. (2011) Implementation of a Map-Based Heat Vulnerability Assessment and Decision Support System – Final Project Report and Map Series. Disponible au : http://www.climateontario.ca/doc/ORAC_Products/TPH/implementation_mapping_heat_vulnerability1.pdf, page consultée le 1^{er} mars 2014.

Rooney C, McMichael AJ, Kovats RS, Coleman MP. (1998) Excess Mortality in England and Wales, and in Greater London, during the 1995 Heatwave. *J Epidemiol Community Health* 52(8):482-486.

Roy M, Généreux M, Laverdière É, Vanasse A. (2014) Surveillance of social and geographical inequalities in housing-related issues: The case of Eastern Townships, Québec (Canada). *Int J Environ Res Public Health* 11(5):4825–4844. doi:10.3390/ijerph110504825.

Salamanca F, Georgescu M, Mahalov A, Moustouli M, Wang M. (2014) Anthropogenic heating of the urban environment due to air conditioning. *J Geophys Res Atmos* 119(10):5949-5965.

Santé et services sociaux Québec. (2016) Chaleur accablante et extrême. Gouvernement du Québec. Disponible au : http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/environnement/index.php?chaleur_accablante, page consultée le 30 janvier 2016.

Santé et services sociaux Québec. (2011) Statistiques de santé et de bien-être selon le sexe. Gouvernement du Québec. Disponible au : <http://www.msss.gouv.qc.ca/statistiques/sante-bien-etre/index.php?besoin-daide-pour-les-activites-de-la-vie-quotidienne-des-personnes-agees>, page consultée le 25 janvier 2016.

Santé Canada. (2012) Les changements climatiques et la santé. Disponible au : <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/climat/index-fra.php>, page consultée le 10 mai 2015.

Santé Canada. (2011) Communiquer les risques des périodes de chaleur accablante pour la santé : Trousse à l'intention des responsables de la santé publique et de la gestion des urgences. Disponible au : <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/climat/heat-chaleur/index-fra.php>, page consultée le 31 octobre 2015.

Santé Canada. (2011) Lignes directrices à l'intention des travailleurs de la santé pendant les périodes de chaleur accablante : un guide technique. Disponible au : <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/climat/workers-guide-travailleurs/index-fra.php>, page consultée le 5 mars 2012.

Santé Canada. (2009) Compréhension des conséquences des changements climatiques sur la santé. Disponible au : <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/climat/impact/index-fra.php>, page consulté le 10 mai 2015.

Schaffer A, Muscatello D, Broome R, Corbett S, Smith W. (2012) Emergency department visits, ambulance calls, and mortality associated with an exceptional heat wave in Sydney, Australia, 2011: a time-series analysis. *Environ Health* 11(1):3. doi:10.1186/1476-069X-11-3.

Schaie, K.W. et Lawton M.P. (1991) Annual Review of Gerontology and Geriatrics. New York, NY: Behavioral Science & Aging, Springer Publishing Company, 100–101.

Schmeltz MT, Sembajwe G, Marcotullio PJ, Grassman JA, Himmelstein DU, Woolhandler S. (2015) Identifying individual risk factors and documenting the pattern of heat-related illness through analyses of hospitalization and patterns of household cooling. *PLoS One* 10(3):e0118958. doi:10.1371/journal.pone.0118958.

Semenza JC, Rubin CH, Falter KH, Selanikio JD, Flanders WD, Howe HL, Wilhelm JL. (1996) Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago. *N Engl J Med* 335(2):84-90.

Semenza JC, McCullough JE, Flanders WD, McGeehin MA, Lumpkin JR. (1999) Excess hospital admissions during the July 1995 heat wave in Chicago. *Am J Prev Med* 16(4):269-277.

Singh LP, Kapoor M, Singh SB. (2013) Heat: not black, not white. It's gray!!! *J Basic Clin Physiol Pharmacol* 24(4):209-224. doi:10.1515/jbcpp-2012-0080.

Société Canadienne d'hypothèques et de logement. (2015) Quelles proportions de Canadiens âgés vivent dans les zones urbaines et rurales du Canada? Disponible au : <http://www.cmhc-schl.gc.ca/lang.cfm?pid=275371>, page consultée le 3 septembre 2015.

Son JY, Lee JT, Anderson GB, Bell ML. (2012) The impact of heat waves on mortality in seven major cities in Korea. *Environ Health Perspect* 120(4):566-71. doi:10.1289/ehp.1103759.

Tan J, Zheng Y, Song G, Kalkstein LS, Kalkstein AJ, Tang X. (2007) Heat wave impacts on mortality in Shanghai, 1998 and 2003. *Int J Biometeorol* 51(3):193-200.

Tan J, Zheng Y, Tang X, Guo C, Li L, Song G, Zhen X, Yuan D, Kalkstein AJ, Li F. (2010) The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *Int J Biometeorol* 54(1):75-84. doi: 10.1007/s00484-009-0256-x.

Teng EL, Chui HC. (1987) The Modified Mini-Mental State (3MS) examination. *J Clin Psychiatry* 48(8):314–318.

Toloo GS, Fitzgerald G, Aitken P, Verrall K, Tong S. (2013) Are heat warning systems effective? *Environ Health* 12(1):27. doi:10.1186/1476-069X-12-27.

Tran KV, Azhar GS, Nair R, Knowlton K, Jaiswal A, Sheffield P, Mavalankar D, Hess J. (2013) A cross-sectional, randomized cluster sample survey in household vulnerability to extreme heat among slumdweller in Ahmedabad, India. *Int J Environ Res Public Health* 10(6):2515-2543. doi:10.3390/ijerph10062515.

United Nations Environmental Programme. (2004) Environment Alert Bulletin: Impacts of Summer 2003 Heat Wave in Europe. Disponible au: http://www.unisdr.org/files/1145_ewheatwave.en.pdf, page consultée le 27 octobre 2015.

Vandentorren S, Suzan F, Medina S, Pascal M, Maulpoix A, Cohen JC, Ledrans M. (2004) Mortality in 13 French cities during the August 2003 heat wave. *Am J Public Health* 94(9):1518-1520.

Vescovi L, Rebetez M, Rong F. (2005) Assessing public health risk due to extremely high temperature events: Climate and social parameters. *Clim Res* 30:71-78. doi:10.3354/cr030071.

Vescovi L, Bourque A, Simonet G et Musy A. (2007) Climate change science knowledge transfer in support of vulnerability, impact and adaptation activities on a North American regional scale: Ouranos as a case study. Disponible au: <http://www.gulfofmaine.org/2/wp-content/uploads/2014/03/Vescovi.pdf>, page consultée le 18 mai 2014.

Westaway K, Frank O, Husband A, McClure A, Shute R, Edwards S, Curtis J, Rowett D. (2015) Medicines can affect thermoregulation and accentuate the risk of dehydration and heat-related illness during hot weather. *J Clin Pharm Ther* 40(4):363-367. doi:10.1111/jcpt.12294.

Ye X, Wolff R, Yu W, Vaneckova P, Pan X, Tong S. (2012) Ambient temperature and morbidity: a review of epidemiological evidence. *Environ Health Perspect* 120(1):19-28. doi:10.1289/ehp.1003198.