

**ANALYSE MULTINIVEAU POUR EXPLIQUER LA
PRÉVALENCE D'IMPACTS SANITAIRES NÉFASTES
AUTORAPPORTÉS ET L'ADAPTATION LORSQU'IL FAIT
TRÈS CHAUD ET HUMIDE EN ÉTÉ DANS LES SECTEURS
LES PLUS DÉFAVORISÉS DES NEUF VILLES LES PLUS
POPULEUSES DU QUÉBEC EN 2011**

Rapport R1570

Janvier 2015

**Analyse multiniveau pour expliquer la prévalence d'impacts sanitaires néfastes
autorapportés et l'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été dans les
secteurs les plus défavorisés des neuf villes les plus peuplées du Québec en 2011**

Auteurs :

Diane Bélanger, Ph.D.	INRS – Centre Eau Terre Environnement Centre de recherche du Centre hospitalier universitaire de Québec
Belkacem Abdous Ph.D.	Centre de recherche du Centre hospitalier universitaire de Québec Université Laval
Pierre Valois, Ph.D.	Université Laval
Pierre Gosselin, MD, MPH	INRS – Centre Eau Terre Environnement Centre de recherche du Centre hospitalier universitaire de Québec Institut national de santé publique du Québec Ouranos
Elhadji A. Laouan Sidi, M.Sc	Centre de recherche du Centre hospitalier universitaire de Québec

Rapport final

Janvier 2015



Cette étude a été financée par le Fonds vert, dans le cadre de l'Action 21 du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec.

ISBN : 978-2-89146-839-8

Remerciements

Les auteurs remercient l’Institut national de santé publique du Québec, le Regroupement des offices d’habitation (OH) du Québec, les OH municipaux des neuf grandes villes du Québec en 2011, la Société d’habitation du Québec, la firme de sondage Léger Marketing et les 3 485 participants.

Faits saillants

Cette étude porte sur 3 485 résidants (niveau-individus) de 1 647 immeubles (niveau-immeubles) et 87 aires de diffusion de recensement (niveau-AD) très défavorisées des villes les plus peuplées du Québec (Canada) en 2011.

Un modèle à trois niveaux nichés l'un dans l'autre et ajusté pour diverses covariables individuelles et contextuelles a été utilisé pour expliquer la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés et un indice d'adaptation autrement qu'avec la climatisation à domicile, lorsqu'il fait très chaud et humide en été.

Pour la prévalence d'impacts, qui est de 46.0 %, le modèle logistique inclut 13 indicateurs de niveau-individus (dont la climatisation à domicile et l'indice d'adaptation) et 1 indicateur de niveau-immeubles.

Pour l'indice, dont les valeurs vont de -3 à +3, le modèle linéaire compte 10 indicateurs de niveau-individus, 1 indicateur de niveau-immeubles et 2 indicateurs de niveau-AD.

De tous ces indicateurs, 9 n'étaient associés qu'à la prévalence d'impacts, 8 qu'à l'indice.

De tels résultats ouvrent la voie au développement d'un cadre théorique allant de l'exposition aux impacts à la chaleur, incluant l'adaptation, aux fins de recherche, de surveillance et d'interventions de santé publique.

Table des matières

Remerciements.....	I
Faits saillants.....	III
Liste des tableaux	VII
Introduction	1
1 Méthodologie	3
1.1 Type d'étude et plan d'échantillonnage.....	3
1.2 Échantillon et taux de réponse	3
1.3 Recrutement des ménages échantillonnés	4
1.4 Collecte des données	4
1.5 Variables dépendantes	4
1.6 Variables indépendantes	5
1.7 Analyses statistiques	6
2 Résultats.....	8
2.1 Explication des impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été.....	8
2.1.1 <i>Choix de la distribution pour l'analyse multiniveau</i>	8
2.1.2 <i>Partie aléatoire de l'analyse multiniveau</i>	8
2.1.3 <i>Partie fixe de l'analyse multiniveau</i>	9
2.2 Explication de l'indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été	11
2.2.1 <i>Partie aléatoire de l'analyse multiniveau</i>	11
2.2.2 <i>Partie fixe de l'analyse multiniveau</i>	12
3 Discussion.....	14
4 Limites de l'étude	18
Conclusion	18
Bibliographie.....	31

Liste des tableaux

Tableau 1	Variables indépendantes par niveau	20
Tableau 2	Régression logistique multivariée à 3 niveaux de la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été: partie aléatoire	21
Tableau 3	Régression logistique multivariée à 3 niveaux de la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été: partie fixe	22
Tableau 4	Covariables de niveau-individus associées à la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été	23
Tableau 5	Synthèse des résultats des analyses multiniveaux	25
Tableau 6	Régression logistique multivariée à 3 niveaux de l'indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été: partie aléatoire	26
Tableau 7	Régression logistique multivariée à 3 niveaux de l'indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été: partie fixe	27
Tableau 8	Covariables de niveau-individus associées à l'indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été	28

Introduction

Les impacts sanitaires attribués aux périodes de fortes chaleurs estivales sont indéniables sous toutes les latitudes, même chez les populations nordiques¹. Du reste, plusieurs publications scientifiques en ont fait état à ce jour, principalement en évaluant les consultations médicales, les visites à l'urgence et les hospitalisations. Ce faisant, les facteurs de risque qui leur ont été associés réfèrent généralement à des caractéristiques individuelles (âge, genre, etc.), possiblement en raison du type de données disponibles dans les fichiers administratifs des systèmes de santé. Les caractéristiques du quartier²⁻³ et de l'immeuble ou du logement habité⁴⁻⁶ sont donc plus rarement considérées pour l'étude des impacts sanitaires à la chaleur, tout comme les divers comportements d'adaptation à la chaleur^{5,7-11}, malgré leur lien étroit avec la vulnérabilité à la chaleur¹².

Ainsi, très peu d'études semblent avoir exploité l'approche perceptuelle pour estimer les impacts sanitaires néfastes à la chaleur¹³. Cette approche a pourtant l'avantage d'inclure un large éventail de facteurs, tout particulièrement ceux qui sont difficiles à mesurer directement et qui peuvent influencer négativement sur la santé¹⁴⁻¹⁵. De plus, la validité des diagnostics autorapportés par rapport aux diagnostics médicaux a été bien évaluée au fil du temps, dans divers pays et selon différentes méthodes de collecte de données, spécialement pour prédire les risques futurs et comme instrument d'enquête épidémiologique aux fins de prévention et d'intervention en santé publique¹⁶⁻¹⁷, auprès de personnes âgées notamment¹⁸. Un constat similaire se dégage à propos de la validité des comportements autorapportés liés à la santé¹⁹⁻²⁰. Enfin, l'approche perceptuelle a été utilisée pour l'évaluation de l'exposition environnementale, mais la validité des mesures n'est pas aussi bien étudiée²¹⁻²². À ce sujet, la perception de la température ambiante, une variable proximale du confort thermique associée à divers problèmes de santé^{15,23}, a dernièrement été

décrite comme une méthode alternative aux diverses techniques traditionnelles de mesure de la température ambiante²⁴.

L'approche perceptuelle est donc une technique très prometteuse pour ajouter une *plus value* aux études sur la santé et le logement^{15,24}. Son utilisation s'avère, ainsi, des plus pertinentes pour mesurer les impacts sanitaires à la chaleur et les déterminants qui lui sont associés tant au niveau des individus (incluant l'adaptation à la chaleur) qu'au niveau des immeubles qu'ils habitent et de leurs quartiers de résidence, dans une perspective de promotion de la santé et de surveillance de la santé publique. D'autant plus qu'il est maintenant évident que les périodes de fortes chaleurs estivales, plus fréquentes et sévères qu'avant, vont s'amplifier encore dans un avenir rapproché²⁵⁻²⁶. Or, ces événements touchent déjà des groupes de personnes très vulnérables. Plus spécialement les résidents des quartiers les plus pauvres, où cumule un ensemble de conditions environnementales et sociales fortement corrélées à des températures et des index d'inconfort thermique élevés^{2-3,27-29}, dans les grands centres urbains aux prises avec un îlot de chaleur plus étendu et important relativement aux régions limitrophes³⁰⁻³¹.

Au Québec, comme dans le reste du Canada et de nombreux pays, la pauvreté se concentre dans certaines zones de ses grands centres urbains³²⁻³³, zones qui correspondent généralement aux aires de diffusion (AD) de recensement les plus défavorisées³⁴. Comparativement aux secteurs plus fortunés, ces AD tendent aussi à être sujettes à des températures moyennes plus élevées en été, car elles sont souvent situées dans des îlots de chaleur intra-urbains, où il y a moins d'espaces verts et plus d'asphalte^{3,35}. En 2011, le Québec avait neuf villes de 100 000 habitants ou plus; elles représentaient 47 % de la population totale³⁶.

Cette étude touche seulement les AD les plus défavorisées des neuf villes les plus peuplées du Québec, en 2011. Elle vise à expliquer (1) les impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il

fait très chaud et humide en été et (2) l'adaptation des individus autrement qu'avec la climatisation à domicile dans le même contexte. Des caractéristiques et des perceptions liées aux individus (niveau-individus), aux immeubles (niveau-immeubles) et aux AD de résidence comme territoire représentatif du quartier habité (niveau-AD) leur ont été associées à l'aide d'une approche multiniveau, déjà employée avec succès dans le domaine de la santé³⁷⁻³⁹.

1 Méthodologie

1.1 Type d'étude et plan d'échantillonnage

Cette étude est une enquête transversale par échantillon stratifié (entérinée par le comité d'éthique du CHU de Québec). Afin de produire des échantillons représentatifs pour chacune des neuf villes à l'étude, une procédure de sélection en deux étapes⁴⁰ a été utilisée. Ces étapes sont : 1) l'identification du nombre d'AD les plus défavorisées (quintile 5 de l'indice de Pampalon et Raymond⁴¹) avec ≥ 1 bâtiment HLM public (géré par un office d'habitation) et du nombre de ménages HLM et hors HLM à sonder; 2) la sélection aléatoire des ménages, puis des répondants (≥ 18 ans, entrevue en français ou en anglais, responsable du ménage; si ≥ 2 responsables: date du dernier anniversaire de naissance).

1.2 Échantillon et taux de réponse

Au total, 3 485 personnes (qui vivaient dans 1 647 immeubles et 87 AD) ont été interviewées en 2011. Le taux de réponse était de 19 %; le taux de réponse par question, d'au moins 95 % pour plus de 9 questions sur 10.

1.3 Recrutement des ménages échantillonnés

Les ménages sélectionnés ont été rejoints par téléphone par la firme de sondage, de 7 à 10 jours après avoir reçu une lettre d'invitation à participer à l'étude par la poste. En l'absence de contacts, les interviewers remettaient l'invitation personnellement ou dans la boîte aux lettres.

1.4 Collecte des données

La collecte de données a été réalisée à domicile, sur rendez-vous, à l'aide d'un questionnaire (questions fermées surtout) développé et prétesté dans l'étude.

1.5 Variables dépendantes

La première variable dépendante est la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été (nommée prévalence d'impacts ci-après). Sa mesure (questions et préambules) est similaire à celle de l'état de santé perçu des enquêtes populationnelles canadiennes. Dans ce rapport, le groupe à risque est constitué de répondants disant ressentir moyennement ou beaucoup d'effets néfastes sur leur santé physique ou mentale lorsqu'il fait très chaud et humide en été (groupe de comparaison : peu ou pas).

La deuxième variable dépendante est un indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été (nommé indice d'adaptation ci-après). Construit dans le cadre de l'étude à l'aide d'une analyse de correspondances multiples (ACM)⁴²⁻⁴³, cet indice regroupe 14 solutions écoénergétiques et faciles à utiliser (variables binaires : 0=jamais/rarement, 1=occasionnellement/souvent/toujours) pour se rafraîchir ou se protéger contre le soleil, à domicile ou dans d'autres lieux, à l'intérieur comme à l'extérieur. Ces solutions sont : (1) la consommation d'eau plate; (2) la consommation d'aliments glacés; (3) la prise de douches ou de bains plus souvent qu'à l'habitude; (4) l'épongeage ou la vaporisation du visage ou du cou avec

de l'eau fraîche; (5) l'utilisation du balcon et (6) de la cour en soirée; (7) la baignade dans une piscine publique, un lac ou un cours d'eau; (8) la fréquentation de lieux climatisés autres que le logement; (9) la fermeture des tentures ou des stores pour conserver la fraîcheur du logement; (10) le port d'un couvre-tête si le soleil tape; (11) la fermeture de l'ordinateur (si non utilisé) et (12) une moindre utilisation du four de la cuisinière et (13) de la sècheuse pour réduire les sources de chaleur à domicile; (14) l'adoption de comportements préventifs en fonction des informations météorologiques transmises dans les médias ou sur l'Internet. Ces 14 solutions expliquent 75 % de l'inertie totale sur la dimension 1 (dimension 2 : 5 %). Pour cette dimension, les valeurs de l'indice, qui se distribuent quasi normalement, vont d'environ - 3 à + 3. Pour plus de détails sur la création de l'indice d'adaptation, voir la référence 44.

1.6 Variables indépendantes

Le choix des variables indépendantes (ou covariables) est basé sur la littérature en santé humaine et chaleur accablante⁴⁵⁻⁴⁷. Dans ce rapport, elles correspondent aux trois niveaux nichés l'un dans l'autre et considérés dans l'analyse multiniveau. Les variables de niveau-individus (niveau 1) concernent l'exposition à la chaleur dans le logement, l'immeuble et le quartier de résidence, incluant la climatisation à domicile et l'indice d'adaptation à la chaleur (tableau 1). Elles correspondent aussi aux états ou aux conditions qui augmentent la sensibilité à la chaleur et à quelques indicateurs de l'accès au traitement. Pour les variables de niveau-immeubles (niveau 2), la moyenne de certaines variables de niveau-individus ont été calculées pour combler l'absence de données nationales à ce sujet. Des moyennes de variable de niveau-individus ont aussi été utilisées pour le niveau-AD (niveau 3), de même que certaines données disponibles par AD à l'Institut national de santé publique du Québec, notamment un indicateur d'îlots thermiques intra-urbains⁴⁸ et un indice de potentiel piétonnier⁴⁹.

1.7 Analyses statistiques

Les tests standards d'hypothèses (tests t, F et chi-carré) d'usage avec les analyses univariées et bivariées classiques ont été réalisés afin d'explorer et d'évaluer les associations entre les variables. Les analyses bivariées ont été effectuées à l'aide des procédures d'enquête dans SAS 9.3 (ex. proc surveylogistic). Pour plus de concision, les analyses bivariées sont présentées seulement pour les covariables retenues dans les modèles multivariés.

Pour l'analyse multivariée, nous avons utilisé MIWin⁵⁰⁻⁵¹ pour effectuer les modèles à 3 niveaux (niveau-individus, ou 1^{er} niveau, niché dans le niveau-immeubles, ou 2^e niveau, niché dans le niveau-AD, ou 3^e niveau). Plus précisément, la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés (variable binaire) lorsqu'il fait très chaud et humide en été a été expliquée à l'aide d'un modèle de régression logistique, alors que l'indice d'adaptation (variable continue) a été expliqué à l'aide d'un modèle de régression linéaire. Pour les deux régressions, la procédure pas-à-pas ascendante a permis d'identifier les principales variables indépendantes associées aux variables dépendantes. Pour plus de concision, seuls les modèles incluant des niveaux statistiquement significatifs sont présentés dans ce rapport.

Les modèles ont évalué l'influence de la saison au cours de laquelle l'entrevue avait eu lieu. Nous nous sommes aussi assurés, à l'aide de coefficients de corrélation tétrachorique (variables binaires) ou polychorique (variables avec au moins 3 strates), que les covariables (prises deux à la fois) ne soient pas fortement corrélées entre elles ($r \geq 0.6$). De plus, aucune interaction entre les niveaux n'a été observée de façon statistiquement significative (à $p < .05$). Conséquemment, aucun terme d'interaction n'a été utilisé dans ce rapport. Pour des estimations plus facilement interprétables, une variable de niveau-individus a été centrée quand le modèle incluait à la fois

une variable de niveau-individus et la moyenne de cette variable au niveau-immeubles ou au niveau-AD. Ces variables centrées sont notées dans les tableaux, le cas échéant.

Pour le modèle de régression linéaire, la variance résiduelle (variance non expliquée par le modèle) de l'indice d'adaptation a été décomposée en trois parties : la variance entre les individus au sein des immeubles, la variance entre les immeubles au sein des AD et la variance entre les AD. Le test du rapport de vraisemblance a été utilisé pour comparer les modèles nichés entre eux. Enfin, le pourcentage de variation par niveau a été estimé avec le coefficient de partition de la variance (CPV)⁵².

Pour le modèle de régression logistique, nous n'avons pas considéré la partition de la variance de la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés, étant donné qu'un simple CPV n'est pas disponible pour les variables binaires. Les variances et les pourcentages de variances résiduelles des impacts sanitaires à la chaleur ont toutefois été rapportés par niveau, afin de donner une idée de la contribution de l'ajout d'un modèle par rapport au modèle précédent. De plus, pour évaluer si cette variable dépendante montre plus ou moins de variation que ce qui serait attendu sous une distribution binomiale, nous avons ajouté un facteur d'échelle multiplicatif (nommé paramètre extrabinomial ou α) à la variance de la réponse. Si α est égal à 1, alors la prévalence d'impacts suit une distribution binomiale, ce qui n'est pas le cas autrement (surdispersion si $\alpha > 1$, sous-dispersion si $\alpha < 1$)⁵².

2 Résultats

2.1 Explication des impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été

Parmi les 3 485 répondants vivant dans les AD très défavorisées des villes québécoises les plus peuplées en 2011, la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été était de 46.0 % (intervalle de confiance, IC : 44.2-47.8), comme déjà rapporté¹³.

2.1.1 Choix de la distribution pour l'analyse multiniveau

Selon la valeur du paramètre extrabinomial ($\alpha < 1$), la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés varie un peu moins que ce qui aurait pu être attendu avec une distribution binomiale (tableau 2). Conséquemment, la distribution extrabinomiale a été retenue pour le modèle de régression logistique.

2.1.2 Partie aléatoire de l'analyse multiniveau

Globalement, la partie aléatoire de l'analyse (tableau 2) montre que les variances de niveau-immeubles et de niveau-AD diminuent à mesure que le modèle évolue. Pour les immeubles, la variance passe de 0.158 à 0.106 avec l'ajout du niveau-AD (M_{000})^A au modèle nul avec le niveau-immeubles (M_{00}), à 0.052 après avoir ajusté M_{000} avec des covariables de niveau-individus ($M_{000:1}$), puis à 0.043 après avoir ajusté $M_{000:1}$ avec une covariable de niveau-immeubles ($M_{000:12}$). Pour les AD, la variance va de 0.058 (M_{000}) à 0.030 ($M_{000:1}$), puis se stabilise ($M_{000:12}$:

^A M_0 = modèle nul à 1 niveau (individus). M_{00} = modèle nul à 2 niveaux (individus + immeubles). M_{000} = modèle nul à 3 niveaux (individus + immeubles + AD). $M_{000:1}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus. $M_{000:12}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus et de niveau-immeubles. $M_{000:123}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus, de niveau-immeubles et de niveau-AD.

0.031). Aucune covariable de niveau-AD n'était statistiquement significative. Ainsi, au niveau-immeubles, la réduction (en %) de la variance résiduelle est de 33 % lors du passage de M_{00} à M_{000} , de 51 % de M_{000} à $M_{000:1}$, et de 17 % de $M_{000:1}$ à $M_{000:12}$ (ex. $0.106 - 0.052 / 0.106 = 0.33$ ou 33 %). Au niveau-AD, elle est de 48 % de M_{000} à $M_{000:1}$, puis relativement nulle de $M_{000:1}$ à $M_{000:12}$.

En résumé, l'utilisation d'un modèle à 3 niveaux apparaît justifiée pour expliquer la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été. Dans cette étude, ce modèle est ajusté seulement pour des covariables de niveau-individus, à l'exception d'une covariable de niveau-immeubles.

2.1.3 *Partie fixe de l'analyse multiniveau*

Selon le modèle $M_{000:12}$ (tableau 3), treize covariables de niveau-individus (analyses bivariées présentées au tableau 4) et une covariable de niveau-immeubles expliquent simultanément la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été. Ce modèle n'est pas influencé par la saison au cours de laquelle s'est déroulée l'entrevue ($p = 0.0580$), ni par la présence d'îlots thermiques intra-urbains, car la plupart des immeubles visités sont dans un îlot de chaleur intra-urbain (66 %) ou à moins de 50 mètres d'un îlot (32 %).

De ces quatorze covariables, onze sont des indicateurs de risque d'impacts sanitaires du niveau-individus (rapport de cotes, RC). Ils incluent: a) la multimorbidité chronique autorapportée (RC=3.0; un diagnostic, RC=1.4); b) le congé de longue durée pour raisons médicales ou de handicaps (RC=2.3); c) des problèmes de santé dus à la qualité de l'air intérieur du logement (de l'avis des répondants, RC=2.0); d) un stress perçu assez ou très élevé la plupart du temps (RC=1.5); e) un quartier perçu assez ou très pollué dû à la densité de trafic urbain (RC=1.4);

f) l'accès à la climatisation à domicile (RC=1.4); g) une plus forte adoption des comportements mesurés par l'indice d'adaptation (autres que la climatisation à domicile) lorsqu'il fait très chaud et humide en été (pour chaque ajout d'un point sur l'indice, hausse du RC de 0.73, car les valeurs positives de l'indice indiquent une faible adoption des comportements mesurés); h) la perception qu'il faut ajouter des infrastructures d'aménagement urbain dans le quartier de résidence pour mieux s'y adapter lorsqu'il fait très chaud et humide en été (RC=1.3); i) la non-pratique d'activités physiques (3 derniers mois, RC=1.3); j) le genre féminin (RC=1.6); k) le fait d'être âgé de 45-64 ans (RC=1.3).

Les trois autres covariables sont des indicateurs de prévention des impacts sanitaires néfastes autorapportés. Elles comprennent le soutien dans la dernière année par au moins deux personnes habitant dans un rayon de 80 km du lieu de résidence (pas dans le même quartier, RC=0.8), et deux covariables sur la satisfaction de la température à l'intérieur du logement en été. De ces dernières, l'une est de niveau-individus (corrélation avec la climatisation à domicile, $r = -.04$), l'autre de niveau-immeubles. Plus précisément, le rapport de cotes diminue de 0.6 pour chaque ajout d'un point de la satisfaction rapportée personnellement par les répondants (car en centrant la satisfaction sur la moyenne de l'immeuble, la partie de la satisfaction partagée avec les autres ménages vivant dans la même immeuble lui a été retranchée), et de 0.7 pour chaque ajout d'un point de la satisfaction rapportée en moyenne par les ménages d'un immeuble donné. Autrement dit, les individus qui sont plus satisfaits de la température à l'intérieur de leur logement en été, tout comme les immeubles où les ménages le sont davantage en moyenne, sont moins à risque d'impacts sanitaires néfastes à la chaleur (la synthèse des résultats sur les effets fixes est présentée tableau 5).

2.2 Explication de l'indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été

Parmi les 3 485 répondants, 50.9 % (IC:49.1-52.7) adoptaient au moins un comportement mesuré par l'indice d'adaptation (autrement qu'avec la climatisation à domicile) lorsqu'il fait très chaud et humide en été. Comme rapporté ailleurs⁴⁴, 16.6 % (IC:15.3-18.0) des répondants étaient très adaptatifs selon l'indice (valeurs ≤ -1); 16.7 % (IC:15.3-18.0) constituaient le groupe qui l'était le moins (valeurs ≥ 1); 66.7 % (IC:65.0-68.4) se situaient entre ces deux pôles.

2.2.1 *Partie aléatoire de l'analyse multiniveau*

L'ajout du niveau-immeubles (M_{00}) au modèle nul incluant le niveau-individus (M_0) ainsi que l'ajout d'un niveau-AD (M_{000}) à M_{00} sont statistiquement significatifs (tableau 6). Au final, M_{000} explique 83 % de la variance résiduelle totale de l'indice d'adaptation au niveau-individus, 14 % de sa variance au niveau-immeubles et 2 % au niveau-AD (ex. $0.806 / 0.966 = 0.83$ ou 83 %). Les indices d'adaptation de résidents d'un même immeuble (conséquemment d'une même AD) sont donc un peu plus corrélés ($0.138 + 0.022 / 0.966 = 0.17$ ou 17 %) que s'ils vivaient dans des blocs différents. L'ajout du niveau-immeubles (M_{00}) à M_0 réduit de 17 % la variance résiduelle de l'indice au niveau-individus et celui du niveau-AD (M_{000}) à M_{00} la diminue de 13 % au niveau-immeubles (la variance résiduelle du niveau-individus restant inchangée par ailleurs).

L'ajout de covariables de niveau-individus ($M_{000:1}$) à M_{000} est statistiquement significatif, tout comme celui de covariables de niveau-AD ($M_{000:123}$) au modèle $M_{000:12}$, alors que l'ajout d'une covariable du niveau-immeubles ($M_{000:12}$) à $M_{000:1}$ ne l'est pas. Par ailleurs, $M_{000:1}$ explique 96 % de la variance résiduelle de l'indice au niveau-individus, 3 % de sa variance au niveau-immeubles et 1 % au niveau-AD; ces pourcentages demeurent ensuite relativement stables dans $M_{000:12}$ et $M_{000:123}$. Enfin, selon les variances spécifiques, $M_{000:1}$ explique 12 % de la variation résiduelle de

l'indice au niveau-individus, 84 % de sa variation au niveau-immeubles et 55 % au niveau-AD; le modèle $M_{000:123}$ en explique 9 % au niveau-immeubles et 20 % au niveau-AD, alors que le modèle $M_{000:12}$ n'y contribue pas.

En résumé, le modèle à 3 niveaux ajusté pour des covariables de niveau-individus, de niveau-immeubles et de niveau-AD ($M_{000:123}$) explique l'indice d'adaptation de façon statistiquement significative, mais le taux d'agrégation s'avère faible. De plus, l'indice d'adaptation est principalement expliqué par les différences individuelles (niveau-individus), bien qu'il existe des différences statistiquement significatives lorsque le contexte est introduit, tout particulièrement s'il s'agit du niveau-AD.

2.2.2 *Partie fixe de l'analyse multiniveau*

Selon le modèle $M_{000:123}$ (tableau 7), treize covariables expliquent simultanément l'indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été. De ces covariables, dix sont de niveau-individus (analyses bivariées présentées au tableau 8), une de niveau-immeubles et deux de niveau-AD. Ce modèle n'est influencé ni par la climatisation à domicile ($p = 0.6748$) ni par la saison au cours de laquelle s'est déroulée l'entrevue ($p = 0.0797$).

De ces treize covariables, quatre caractérisent une moins forte inclinaison à l'adoption des comportements mesurés par l'indice (cela se traduit par des coefficients β positifs dans l'étude). Elles incluent la non-pratique d'activités physiques dans les trois derniers mois ($\beta=0.334$), le fait d'être atteint souvent ($\beta=0.221$) ou parfois ($\beta=0.105$) d'au moins une incapacité fonctionnelle (comme la difficulté à marcher), et deux covariables sur la satisfaction de la qualité de l'isolation thermique du logement en été, l'une de niveau-individus (corrélation avec la climatisation à domicile, $r = -.04$), l'autre de niveau-immeubles. Plus précisément, l'indice d'adaptation

augmente de 0.79 pour chaque ajout d'un point de la satisfaction de la qualité de l'isolation telle que rapportée personnellement par les répondants (variable centrée sur la moyenne de l'immeuble), et de 0.82 pour chaque ajout d'un point de la satisfaction de la température telle que rapportée en moyenne par les ménages d'un même immeuble. Autrement dit, les individus qui sont plus satisfaits de la qualité de l'isolation thermique du logement en été, tout comme les immeubles où les ménages le sont davantage en moyenne, adoptent moins les comportements d'adaptation à la chaleur mesurés par l'indice.

Les neuf autres covariables incitent à être plus adaptatifs selon l'indice (coefficients β négatifs), dont sept de niveau-individus et deux de niveau-AD. Les premières sont : a) être âgé de moins de 65 ans, en particulier de 18-44 ans ($\beta=-0.572$; 45-64 ans, $\beta=-0.344$); b) percevoir le besoin de plus d'infrastructures ou de services pour mieux s'adapter dans son quartier lorsqu'il fait très chaud et humide en été, en particulier dans le secteur de l'aménagement urbain ($\beta=-0.301$; autres secteurs, $\beta=-0.150$); c) ressentir des impacts néfastes sur sa santé dans ces mêmes conditions météorologiques ($\beta=-0.285$); d) avoir rencontré des amis au moins quelques fois par mois dans la dernière année ($\beta=-0.282$); e) avoir été soutenu dans la dernière année par au moins 2 personnes résidant dans le même quartier (pas le même logement, $\beta = -0.207$) et f) par au moins 2 personnes résidant à moins de 80 km du domicile (pas le même quartier, $\beta=-0.181$); g) utiliser principalement une automobile pour voyager localement ($\beta=-0.097$). Quant aux covariables de niveau-AD, elles indiquent que pour chaque ajout d'une année à la durée moyenne de résidence dans le même logement et pour chaque ajout d'un point à l'indice de potentiel piétonnier, l'indice d'adaptation diminue respectivement de -0.028 et -0.013 dans l'AD. Autrement dit, dans une AD, plus le taux de mobilité résidentielle est faible et plus le potentiel piétonnier est bon, plus ses

résidents adoptent les comportements mesurés par l'indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été (la synthèse des résultats sur les effets fixes est présentée au tableau 5).

3 Discussion

Dans cette étude, les résultats des parties aléatoires des analyses montrent qu'un modèle à trois niveaux soutient l'identification des indicateurs associés aux impacts sanitaires néfastes autorapportés et à l'indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été. Du coup, ils mettent l'accent sur la nécessité de développer des interventions de santé publique innovatrices visant à la fois les résidents des AD très défavorisées, les gestionnaires d'immeubles dans ces secteurs et les instances municipales des grands centres urbains, déjà aux prises avec l'îlot de chaleur urbain^{3,30-31,35}.

L'importance du rôle du bâti et de l'environnement comme facteur de risque (ou de prévention) des impacts sanitaires et de l'adaptation à la chaleur est renforcée par la contribution de quatre covariables de niveau-immeubles et de niveau-AD. Ce nombre demeure toutefois en deçà du nombre de covariables de niveau-individus, malgré les efforts déployés pour mesurer le contexte. Cette observation a déjà été rapportée dans la littérature et certaines explications ont été émises à ce sujet^{37-39,53-55}. Notamment, le fait que les données de recensement ne cernent pas les quartiers de façon détaillée et qu'une AD est une unité géographique administrative, non un quartier tel que perçu par les répondants.

L'effet du bâti et de l'environnement sur les impacts sanitaires néfastes autorapportés et sur l'indice d'adaptation pourrait aussi être médiatisé par certaines covariables. Il nous est impossible de conclure sur cet aspect en raison du devis transversal de notre étude. Également en l'absence d'un cadre théorique éprouvé, allant de l'exposition aux impacts sanitaires néfastes à la chaleur,

car même si certaines avenues intéressantes ont été proposées^{45,56-57}, aucune n'a été validée. L'établissement d'un tel cadre serait des plus utiles à la recherche et la surveillance en santé publique, notamment pour clarifier le type de liens existants entre les covariables; dans notre étude, la plupart ne sont associées qu'à la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés ou qu'à l'indice d'adaptation (tableau 5).

Plus précisément, dans l'étude, la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été est de 46 %; bien qu'élevée, cette prévalence pourrait correspondre à la réalité dans les AD très défavorisées des villes les plus peuplées du Québec, comme discuté ailleurs¹³.

Comme déjà rapporté dans la littérature^{10,45,58-63}, un mauvais état de santé physique ou mental est un puissant indicateur de risque à la chaleur. De même, les quartiers de résidence considérés comme étant assez ou très pollués dus à une forte densité de trafic urbain sont vraisemblablement plus asphaltés et donc plus chauds. De tels quartiers imperméables contribuent aux impacts sanitaires à la chaleur^{2-3,64-66} et forcent à déployer diverses adaptations pour s'y adapter¹⁰⁻¹¹.

Par ailleurs, des différences hormonales pourraient expliquer la différence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés selon le genre⁶⁷⁻⁶⁸, pour les femmes âgées de 45 à 64 ans en particulier (période de la ménopause)¹³. Indépendamment du genre, les 45-64 ans demeurent toutefois plus à risque d'impacts sanitaires selon nos résultats. Cela est contraire à ce qui est généralement rapporté dans ce domaine de recherche^{28,46}, mais plausible dans les populations très défavorisées comme celles que nous avons étudiées. En effet, la proportion de 45-64 ans ayant plusieurs problèmes de santé chroniques augmenterait selon la diminution du revenu familial⁶⁹, alors que leurs aînés ayant survécu à cette période d'âge dans les mêmes conditions auraient vraisemblablement une meilleure santé. Une autre explication du risque accru d'impacts à la

chaleur chez les 45-64 ans serait une plus forte exposition à la chaleur, notamment en raison de l'obligation de quitter leur domicile pour raisons familiales ou le travail¹³, comparativement aux 65 ans et plus qui s'y confindraient davantage dans le même contexte^{11,70}. Éclaircir cette question serait important pour la surveillance en santé publique, car les 65 ans et plus constituent généralement le groupe d'âge visé par les plans-canicule nationaux.

L'inactivité physique, un facteur de risque de plusieurs maladies non transmissibles⁵⁸, est associée à une plus forte prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés. Le niveau moyen d'activités physiques diminue avec l'âge; s'ensuit une évolution à la baisse de la forme physique^{69,71}. Or, une mauvaise forme physique conduit à une faible réserve cardiovasculaire, puis à une faible tolérance à la chaleur humide⁷²⁻⁷³. Dans notre étude, l'inactivité physique, à l'instar des limitations fonctionnelles, est aussi associée à une moindre adaptation à la chaleur selon l'indice. Ces deux conditions caractérisent plus spécialement les populations très défavorisées^{69,71}, tel notre échantillon tiré d'AD plus éloignées (en distance et temps) des espaces verts frais que les AD plus favorisées³. Améliorer l'aménagement urbain des secteurs les plus pauvres des grands centres urbains serait donc des plus avantageux pour contrer les impacts sanitaires à la chaleur et faciliter l'adaptation. Plus du tiers des répondants de notre étude ont d'ailleurs exprimé ce besoin. De surcroît, cette initiative, dite sans regret, aurait de nombreux cobénéfices sur la pratique d'activités physiques, la santé en général et l'environnement^{56,58-59,74-76}. À titre d'exemple, selon nos résultats, les AD qui offraient un meilleur potentiel piétonnier étaient en moyenne plus adaptatives selon l'indice, ce qui pourrait signifier la diminution de l'utilisation de la climatisation à domicile⁶⁵, laquelle contribue à la chaleur en exacerbant la pollution de l'air dans certains cas^{58,77-78}. De même, les AD mieux aménagées pourraient réduire la mobilité résidentielle et améliorer les niveaux de bien-être dans les quartiers⁷⁹⁻⁸⁰, tout en

incitant à s'adapter autrement qu'avec la climatisation à domicile. Ces dernières hypothèses demeurent toutefois à être confirmées.

Comme déjà publié^{8,46,63,81}, le soutien social est associé aux impacts sanitaires à la chaleur. Selon nos résultats, le réseau qui aide à prévenir les impacts serait toutefois moins diversifié et plus familial que le réseau incitant à l'adaptation autrement qu'avec la climatisation à domicile. D'autres études sont nécessaires à ce sujet, car des réseaux ayant de fortes liaisons pourraient exacerber plutôt que réduire la vulnérabilité aux effets de la chaleur chez les personnes âgées, selon certains auteurs⁸².

Enfin, la relation entre la satisfaction de la température intérieure du logement en été et la diminution de la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés, tout comme la relation entre la satisfaction de la qualité de son isolation thermique et une moindre adoption des comportements mesurés par l'indice d'adaptation, met clairement en lumière la contribution du bâti pour réduire l'exposition à la chaleur lorsqu'il fait très chaud et humide. Le fait que chacune de ces relations soit observée à la fois pour le logement (niveau-individus) et l'immeuble (niveau-immeubles) renforce l'importance de l'utilisation de ces perceptions pour la surveillance en santé publique. En particulier dans les secteurs très défavorisés des grands centres urbains, où l'on retrouve de vieilles bâtisses dont l'isolation thermique (l'un des deux facteurs incontournables pour assurer le contrôle de la fraîcheur à l'intérieur du bâtiment, l'autre facteur étant l'étanchéité⁸³) répond à des standards moins performants que ceux d'aujourd'hui, à moins que des travaux aient été réalisés depuis leur construction.

4 Limites de l'étude

Le taux de réponse de l'étude est faible, mais celui par question (une autre mesure du taux de réponse de l'enquête) est très bon. La comparaison avec d'autres enquêtes a été impossible, étant donné qu'aucune ne visait les mêmes AD très défavorisées au Canada. Le taux de réponse est toutefois réaliste selon les caractéristiques des quartiers étudiés (grands centres urbains, milieux multiethniques, etc.) et une recherche qualitative réalisée dans certaines des AD échantillonnées⁸⁴.

Pour des considérations éthiques, aucun renseignement n'a été recueilli sur les non-participants. Pour pallier cette lacune, certaines statistiques ont été comparées aux données de recensement de 2006 disponibles par AD à l'Institut national de santé publique du Québec. Sur la base de cette information et malgré le faible taux de réponse, il est ainsi possible d'avancer que notre échantillon est représentatif des populations vivant dans les AD visitées et des AD très défavorisées des grandes villes du Québec, en raison du plan d'échantillonnage adopté dans cette étude [pour plus de détails, voir la référence 13].

Conclusion

La présente recherche, réalisée dans les AD les plus défavorisées des villes les plus peuplées du Québec en 2011, est très innovatrice à plusieurs égards. Elle montre notamment que l'utilisation d'une approche multiniveau permet de mieux cerner la contribution du milieu de vie sur les impacts sanitaires néfastes autorapportés et sur l'adaptation autrement qu'avec la climatisation à domicile, lorsqu'il fait très chaud et humide en été. D'autre part, tant au niveau du logement que de l'immeuble, les niveaux de satisfaction de la température intérieure en été seraient de bons indicateurs de l'exposition à la chaleur à domicile, alors que les niveaux de

satisfaction de la qualité de son isolation thermique (en été) seraient de bons indicateurs de la capacité à contrer l'exposition à la chaleur. Considérés plus globalement, il apparaît que certains indicateurs soient plus spécifiques aux impacts, alors que d'autres caractériseraient avant tout l'adaptation. Enfin, les personnes qui ressentent des impacts sanitaires néfastes à la chaleur font davantage appel à diverses stratégies d'adaptation mécaniques et non-mécaniques que celles qui en ressentent peu ou pas. Ainsi, l'adaptation à la chaleur pourrait être déployée en réaction aux impacts sanitaires, plutôt que pour les prévenir.

D'autres études sont nécessaires afin de vérifier ces hypothèses et d'étoffer notre compréhension dans ce domaine de recherche, d'autant plus que les périodes de fortes chaleurs estivales vont encore s'amplifier dans un avenir rapproché²⁵⁻²⁶. En particulier, il s'avèrerait important de développer un cadre théorique allant de l'exposition aux impacts sanitaires néfastes autorapportés, incluant l'adaptation à la chaleur à l'aide de stratégies mécaniques et non mécaniques ainsi que des caractéristiques et perceptions liées au milieu de vie. Comblar cette lacune contribuerait de façon majeure à la recherche dans le domaine de la santé liée à la chaleur, car l'établissement d'un cadre théorique permet de clarifier le type de liens existants entre les indicateurs associés aux issues, de définir la façon de les mesurer, puis d'améliorer la surveillance et l'intervention en santé publique. Cela soutiendrait aussi le développement éventuel de banques de données nationales sur le logement et le quartier. La mise sur pied d'observatoires⁸⁴⁻⁸⁷ en santé publique et changements climatiques soutiendrait l'atteinte de ces finalités.

Tableau 1 Variables indépendantes par niveau

NIVEAU-INDIVIDUS	
1.	Sociodémographique : genre, âge, niveau de scolarité complété
2.	Socioéconomique (12 mois) : revenu du ménage (avant déductions), principale occupation
3.	Socioculturel : lieu de naissance, principales langues de conversation, de lecture, durée de résidence au Canada et statut de citoyenneté si immigrants
4.	Ménage : type de ménage, nombre total d'enfants
5.	Contacts sociaux (12 mois) : fréquence des contacts par téléphone et en face à face avec la famille, les amis, les voisins, participation comme membre à un organisme/association à but non lucratif
6.	Soutien social (12 mois) : nombre d'aidants vivant dans le même quartier, mais pas dans le même logement, nombre d'aidants vivants à < 80 km, mais pas dans le même quartier
7.	Habitudes de vie : indice de masse corporelle activités physiques (3 mois), fumeurs chaque jour ou presque dans le logement, consommation d'alcool et principal mode de transport (12 mois)
8.	État de santé clinique : nombre de diagnostics de maladies chroniques autorapportés
9.	État de santé perçu : perception de l'état de santé, de la qualité de vie, de stress élevé la plupart du temps, de problèmes de santé dus à la qualité de l'air intérieur du logement
10.	Incapacités : ≥ 1 incapacité fonctionnelle, ≥ 1 incapacité physique/mentale, besoin d'aide pour se déplacer dans le quartier ^A
11.	Soins/services de santé (12 mois) : ≥ 1 consultation médicale, ≥ 1 nuit dans un hôpital/foyer de soins infirmiers/maison de convalescence, nombre d'heures par semaine de soins et services à domicile
12.	Logement : durée de résidence, nombre de personnes par pièce, par chambre, étage habité, chambres sous les toits, logement affecté par des animaux ou des insectes nuisibles, nécessité d'entretien ou de réparations, satisfaction de caractéristiques du logement (T° intérieure en été, etc.)
13.	Immeuble : types d'immeuble (≥ 5 étages, etc.), stationnement, ascenseur, types et couleur des matériaux de recouvrement, satisfaction de caractéristiques de l'immeuble (sécurité, etc.)
14.	Quartier ^A : durée de résidence, avis sur divers problèmes dans le quartier (pollution de l'air due à la densité du trafic routier, etc.), sentiment d'appartenance, de sécurité
15.	Ville : ville de résidence classifiée selon la température moyenne des 30 dernières années
16.	Adaptations lorsqu'il fait très chaud et humide en été : accès à la climatisation à domicile ^B , besoin perçu de plus de services/d'infrastructures pour mieux s'adapter dans le quartier de résidence, indice d'adaptation autrement qu'avec la climatisation (pour expliquer les impacts)
17.	Impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été (pour expliquer l'indice d'adaptation)
NIVEAU-IMMEUBLES	
Moyennes de variables de niveau 1 ^C	
NIVEAU-AD	
Moyennes de variables de niveau 1 ^C , indicateur d'îlots thermiques intra-urbains ^D , indice de potentiel piétonnier ^D , indice de végétation normalisé ^D ; distance à l'infrastructure de loisirs la plus proche ^D , au parc/espace vert le plus proche ^D , données de recensement 2006 ^D (densité de population, % de logements nécessitant des réparations majeures, %de ≥ 65 ans, % de femmes, % de gens vivant seuls)	

^A Quartier : tout ce qui se trouve en dedans de 15-20 minutes de marche du domicile, lorsqu'on marche à un pas régulier et normal. ^B Parmi les répondants ayant accès à la climatisation à domicile, plus de 90 % s'en servaient le jour et en soirée lorsqu'il fait très chaud et humide en été; les autres l'utilisaient aussi la nuit. ^C Des moyennes de variables de niveau-individus ont été calculées afin de compenser l'absence de données nationales sur les immeubles et le peu de données sur les AD. Ces moyennes portent sur des des variables présentées aux points 12 et 13 pour le niveau-immeubles et aux points 12 à 14 pour le niveau-AD. ^D Données fournies par l'Institut national de santé publique du Québec.

Tableau 2 Régression logistique multivariée à 3 niveaux de la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été: partie aléatoire

Partie aléatoire	M_{00}^A	M_{000}^B	$(M_{00}-M_{000})$ $/M_{00}^F$	$M_{000:1}^C$	$(M_{000}-M_{000:1})$ $/M_{000}^F$	$M_{000:12}^D$	$(M_{000:1}-M_{000:12})$ $/M_{000:1}^F$
	σ^2 (ES) ^E	σ^2 (ES) ^E		σ^2 (ES) ^E		σ^2 (ES) ^E	
Niveaux (N)							
N-AD		0.058 (0.027)		0.030 (0.027)	.48	0.031 (0.028)	-.03
N-immeubles	0.158 (0.057)	0.106 (0.056)	0.33	0.052 (0.062)	.51	0.043 (0.061)	.17
α (IC)^G	0.96 (0.91-1.01)	0.96 (0.91-1.01)		0.985 (0.93-1.04)		0.987 (0.93-1.04)	
Unités^H							
N-AD		87		86		86	
N-immeubles	1 646	1 646		1 488		1 488	
N-individus	3 484	3 484		3 092		3 092	

^A M_{00} = modèle nul à 2 niveaux (individus + immeubles). ^B M_{000} = modèle nul à 3 niveaux (individus + immeubles + AD). ^C $M_{000:1}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus. ^D $M_{000:12}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus et de niveau-immeubles. ^E σ^2 (SE) = variance (erreur standard). ^F Ces proportions représentent la réduction de la variance inexpliquée (ou résiduelle) de la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'on passe d'un modèle à un autre. ^G Paramètre extrabinomial (intervalle de confiance). ^H Les différences observées entre les modèles sont dues aux données manquantes d'une ou de plusieurs covariables.

Tableau 3 Régression logistique multivariée à 3 niveaux de la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été: partie fixe

	M_0^A	M_{00}^B	M_{000}^C	$M_{000:1}^D$	$M_{000:12}^E$
Partie fixe	β (ES) ^{F,G}	β (ES) ^{F,G}	β (ES) ^{F,G}	β (ES) ^{F,G}	β (ES) ^{F,G}
Constante	-0,103 (0,034)**	-0,135 (0,038)**	-0,120 (0,046)*	-0,571 (0,193) [†]	-0,678 (0,213)*
AJOUT DE COVARIABLES DE NIVEAU-INDIVIDUS					
Diagnostics de maladies chroniques autorapportés :					
≥ 2 diagnostics (vs aucun)				1.010 (0.110)**	1.014 (0.110)**
1 diagnostic (vs aucun)				0.325 (0.105)*	0.327 (0.105)*
Congé de longue durée pour maladies ou handicaps (vs non)					
Problèmes de santé dus à la qualité de l'air intérieur du logement de l'avis des répondants (vs non)					
				0.737 (0.164)**	0.740 (0.164)**
Genre féminin (vs non)					
				0.455 (0.086)**	0.454 (0.086)**
Assez ou extrêmement stressé la plupart du temps (vs non)					
				0.377 (0.096)**	0.375 (0.096)**
Air climatisé à domicile (vs non)					
				0.356 (0.082)**	0.352 (0.082)**
Quartier perçu assez ou très pollué dû à la densité du trafic urbain (vs non)					
				0.329 (0.096)**	0.325 (0.096)**
Indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été (en continu)					
				-0.310 (0.047)**	-0.309 (0.047)**
Besoin perçu de plus d'infrastructures ou de services dans le quartier de résidence pour mieux s'adapter lorsqu'il fait très chaud et humide en été:					
Oui, en aménagement urbain (vs non)				0.265 (0.133) [†]	0.261 (0.133) [†]
Oui, dans d'autres secteurs comme le transport public (vs non)				0.084 (0.092)	0.087 (0.092)
Pas de pratique d'activités physiques dans les 3 derniers mois (vs oui)					
				0.249 (0.093) [†]	0.248 (0.093) [†]
Âge:					
18-44 ans (vs ≥ 65 ans)				0.016 (0.130)	0.014 (0.129)
45-64 ans (vs ≥ 65 ans)				0.222 (0.114) [‡]	0.226 (0.114) [‡]
≥ 2 aidants dans la dernière année vivant à < 80 km du logement, mais pas dans le même quartier (vs < 2)					
				-0.217 (0.086) [†]	-0.220 (0.086) [†]
Satisfaction de la température intérieure du logement en été:					
Non centrée (en continu)				-0.421 (0.041) [†]	
Centrée sur la moyenne de l'immeuble (en continu)					-0.475 (0.059) [†]
AJOUT DE COVARIABLES DE NIVEAU-IMMEUBLES					
Par immeuble, moyenne de la satisfaction de la température intérieure du logement (en continu)					
					-0.375 (0.055) [†]

^A M_0 = modèle nul à 1 niveau (individus). ^B M_{00} = modèle nul à 2 niveaux (individus + immeubles). ^C M_{000} = modèle nul à 3 niveaux (individus + immeubles + AD). ^D $M_{000:1}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus. ^E $M_{000:12}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus et de niveau-immeubles. ^F β (ES): estimation du coefficient β (erreur standard). ^G Valeurs p: **: $p \leq 0.0001$; *: $p \leq 0.001$; †: $p \leq 0.01$; ‡: $p \leq 0.05$.

Tableau 4 Covariables de niveau-individus associées à la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été

Analyses bivariées		
Covariables	% ^A (CI) ^B	P ^C (CI) ^B
Exposition à la chaleur		
Quartier perçu assez ou très pollué dû à la densité du trafic urbain		
Oui	50.3 (40.8-51.5)	52.3 (49.8-54.8)
Non	49.8 (48.0-51.5)	40.0 (37.5-42.5)
Satisfaction de la température intérieure du logement en été (non centrée)		
Tout à fait insatisfait	21.9 (20.0-23.9)	72.2 (67.8-76.5)
Plutôt insatisfait ou satisfait	56.8 (54.4-59.1)	41.2 (38.1-44.2)
Tout à fait satisfait	21.3 (19.4-23.3)	32.5 (27.7-37.3)
État de santé existant		
Diagnostics autorapportés de maladies chroniques		
Oui, ≥ 2 diagnostics	31.7 (30.1-33.3)	64.1 (61.1-67.0)
Oui, 1 diagnostic	24.6 (23.0-26.1)	44.3 (40.8-47.9)
Aucun diagnostic	43.7 (42.0-45.5)	33.9 (31.3-36.5)
Congé de longue durée pour maladies ou handicaps		
Oui	16.1 (14.8-17.4)	72.2 (68.2-76.2)
Non	83.9 (82.6-85.3)	40.9 (39.1-42.9)
Problèmes de santé dus à la qualité de l'air intérieur du logement, de l'avis des répondants		
Oui	8.5 (7.5-9.5)	72.6 (67.0-78.2)
Non	91.5 (90.5-92.5)	43.5 (41.7-45.4)
Assez ou extrêmement stressé la plupart du temps		
Oui	24.8 (23.3-26.3)	57.8 (54.4-61.2)
Non	75.2 (23.3-26.4)	42.2 (40.1-44.2)
Style de vie		
Pratique d'activités physiques, 3 derniers mois		
Non, jamais	32.1 (30.4-33.7)	51.1 (48.0-54.2)
Oui, < 1 fois/jour	35.1 (33.4-36.8)	45.0 (42.0-48.0)
Oui, ≥ 1 fois/jour	32.9 (31.2-34.6)	42.2 (39.1-45.4)
Soutien social		
≥ 2 aidants ayant soutenu le répondant dans la dernière année et vivant à < 80 km du logement, mais pas dans le même quartier		
Aucun aidant	53.8 (51.5-56.1)	49.6 (46.3-52.9)
1 aidant	16.6 (14.8-18.3)	45.1 (39.3-50.9)
2 aidants	13.1 (11.5-14.7)	43.6 (37.2-50.1)
≥ 3 aidants	16.5 (14.8-18.3)	39.4 (33.6-45.3)
Adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été		
Air climatisé à domicile ^D		
Oui ^E	49.5 (47.7-51.2)	50.9 (48.4-53.4)
Non	50.5 (48.8-52.3)	41.3 (38.9-43.8)
Indice d'adaptation		
≤ -1	16.6 (15.3-18.0)	57.8 (53.5-62.1)
< 1, but > -1	66.7 (65.0-68.4)	46.3 (44.1-48.4)
≥ 1	16.7 (15.3-18.0)	33.4 (29.1-37.6)
Besoin perçu d'infrastructures ou de services pour mieux s'adapter dans le quartier de résidence lorsqu'il fait très chaud et humide en été		
Oui, en aménagement urbain	38.1 (36.3-39.8)	58.3 (53.2-63.5)
Oui, dans d'autres secteurs comme le transport public	12.1 (10.9-13.3)	48.5 (45.6-51.3)
Non	49.8 (48.1-51.6)	42.0 (39.4-44.6)

Tableau 4 Covariables de niveau-individus associées à la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été (suite)

Analyses bivariées		
Covariables	% ^A (CI) ^B	P ^C (CI) ^B
Attributs sociodémographiques		
Genre		
Féminin	54.2 (52.5-56.1)	51.9 (49.7-54.1)
Masculin	45.8 (44.0-47.6)	39.1 (36.3-41.9)
Âge		
18-44 ans	31.0 (28.9-33.1)	41.0 (36.9-45.0)
45-64 ans	39.8 (37.5-42.0)	52.9 (49.2-56.6)
≥ 65 ans	29.3 (27.2-31.4)	42.1 (37.8-46.5)

^A %: fréquences pondérées en pourcentages. Les pourcentages ont été arrondis à une décimale près. ^B IC: intervalles de confiance. ^C P: prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été. Pour chaque variable, la différence entre les groupes est < 0.0001, sauf pour « ≥ 2 aidants ayant soutenu le répondant dans la dernière année et vivant à < 80 km du logement, mais pas dans le même quartier » (p = 0.0005). ^D 24.9 % (IC: 22.8-27.0) des répondants n'ont pas de climatiseur à domicile et adoptent peu ou très peu les comportements mesurés par l'indice d'adaptation. 25.6 % (IC: 23.6-27.6) n'ont pas de climatiseur à domicile, mais sont plus adaptatifs selon l'indice. 24.2 % (IC: 22.2-26.2) ont un climatiseur à domicile, mais adoptent peu ou très peu les comportements mesurés par l'indice. 25.3 % (IC: 23.3-27.3) ont un climatiseur à domicile et sont plus adaptatifs selon l'indice. ^E De ces répondants: (a) 80 % avaient un climatiseur de fenêtres (mobile: 10 %, mural ou central: 10 %); (b) plus de 90 % climatisaient leur logement le jour et en soirée lorsqu'il fait très chaud et humide en été; les autres répondants s'en servaient aussi la nuit.

Tableau 5 Synthèse des résultats des analyses multiniveaux

Covariables	Impacts ^A	Indice ^A
NIVEAU-INDIVIDUS		
Exposition à la chaleur		
Quartier de résidence perçu assez ou très pollué dû à la densité du trafic urbain	↑	NA
Satisfaction personnelle de la température intérieure du logement en été	↓	NA
Satisfaction personnelle de la qualité de l'isolation thermique du logement en été	NA	↓
État de santé existant		
≥ 2 diagnostics autorapportés de maladies chroniques	↑	NA
Congé de longue durée (pour maladies ou handicaps)	↑	NA
Problèmes de santé dus à la qualité de l'air intérieur du logement de l'avis des répondants	↑	NA
Assez ou extrêmement stressé la plupart du temps	↑	NA
Incapacité		
≥ 1 incapacité fonctionnelle, principalement si elles se manifestent souvent	NA	↓
Style de vie		
Automobile comme principal mode de transport pour voyager localement	NA	↑
Pas de pratique d'activités physiques dans les 3 derniers mois	↑	↓
Soutien et contacts sociaux dans la dernière année		
≥ 2 aidants vivant dans le même quartier (pas dans le même logement)	NA	↑
≥ 2 aidants vivant à < 80 km du logement (pas dans le même quartier)	↓	↑
Contacts face à face avec des amis quelques fois par mois ou plus	NA	↑
Adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été		
Air climatisé à domicile	↑	NA
Indice d'adaptation élevé	↑	
Besoin perçu de plus d'infrastructures d'aménagement urbain pour mieux s'adapter dans le quartier de résidence	↑	↑
Besoin perçu de plus d'infrastructures ou de services autres que d'aménagement urbain (comme le transport public) pour mieux s'adapter dans le quartier de résidence	NA	↑
Impacts sanitaires lorsqu'il fait très chaud et humide en été		
Impacts sanitaires néfastes autorapportés		↑
Attribut sociodémographiques		
Genre féminin	↑	NA
Principal groupe d'âge: 45-64 ans	↑	NA
Principal groupe d'âge: 18-44 ans	NA	↑
NIVEAU-IMMEUBLES		
Exposition à la chaleur		
Par immeuble, satisfaction moyenne de la température intérieure du logement en été	↓	NA
Par immeuble, satisfaction moyenne de la qualité de l'isolation thermique du logement en été	NA	↓
NIVEAU-AD		
Adaptation à la chaleur		
Par AD, plus grand indice du potentiel piétonnier	NA	↑
Par AD, plus grande durée moyenne de résidence dans le même logement	NA	↑
Total de covariables associées à une seule variable dépendante^B	9	8

^A ↑ : indicateurs de risque associés à l'augmentation de la prévalence d'impacts sanitaires néfastes autorapportés ou affectant négativement l'adaptation selon l'indice; ↓: indicateurs associés à la diminution de la prévalence d'impacts ou facilitant l'adaptation selon l'indice; NA: non applicable. ^B Ces totaux n'incluent pas les impacts sanitaires néfastes autorapportés et l'indice d'adaptation, car ils ne pouvaient être associés qu'à une seule variable dépendante, ni les covariables associées à la fois aux impacts et à l'indice (n = 4).

Tableau 6 Régression logistique multivariée à 3 niveaux de l'indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été: partie aléatoire

Partie aléatoire	M_0^A	M_{00}^B	(M_0-M_{00}) $/M_0^H$	M_{000}^C	$(M_{00}-M_{000})$ $/M_{00}^H$	$M_{000:1}^D$	$(M_{000}-M_{000:1})$ $/M_{000}$	$M_{000:12}^E$	$(M_{000:1}-M_{000:12})$ $/M_{000:1}^H$	$M_{000:123}^F$	$(M_{000:12}-M_{000:123})$ $/M_{000:12}^H$
	$\sigma^2(ES)^G$	$\sigma^2(ES)^G$		$\sigma^2(ES)^G$		$\sigma^2(ES)^G$		$\sigma^2(ES)^G$		$\sigma^2(ES)^G$	
Niveaux (N)											
N-AD				0.022 (0.009)		0.010 (0.005)	0.55	0.010 (0.005)	0.00	0.008 (0.005)	0.20
N-immeubles		0.158 (0.023)		0.138 (0.023)	0.13	0.022 (0.012)	0.84	0.022 (0.012)	0.00	0.020 (0.011)	0.09
N-individus	0.974 (0.023)	0.806 (0.024)	0.17	0.806 (0.024)	0.00	0.713 (0.021)	0.12	0.713 (0.021)	0.00	0.713 (0.021)	0.00
Total	0.974	0.964		0.966		0.745		0.745		0.741	
-2*log likelihood	9 797.8 4	9 610.1 3		9 598.3 9		7 604.5 6		7 604.5 1		7 595.20	
Valeurs p de RV^I		0.000		0.001		0.000		0.808		0.010	
Unités^J											
N-AD				87		87		87		87	
N-immeubles		1 647		1 647		1 438		1 437		1 437	
N-individus	3 485	3 485		3 485		2 998		2 998		2 998	

^A M_0 = modèle nul à 1 niveau (individus). ^B M_{00} = modèle nul à 2 niveaux (individus + immeubles). ^C M_{000} = modèle nul à 3 niveaux (individus + immeubles + AD). ^D $M_{000:1}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus. ^E $M_{000:12}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus et de niveau-immeubles. ^F $M_{000:123}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus, de niveau-immeubles et de niveau-AD. ^G $\sigma^2(ES)$ = variance (erreur standard). ^H Ces proportions représentent la réduction de la variance inexpliquée (ou résiduelle) de l'indice d'adaptation lorsqu'on passe d'un modèle à un autre. ^I RV: test de rapport de vraisemblance. ^J Les différences observées entre les modèles sont dues aux données manquantes pour une ou plusieurs covariables.

Tableau 7 Régression logistique multivariée à 3 niveaux de l'indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été: partie fixe

PARTIE FIXE	M_0^A	M_{00}^B	M_{000}^C	$M_{000:1}^D$	$M_{000:12}^E$	$M_{000:123}^F$
	B (SE) ^{G,H}	B (SE) ^{G,H}	B (SE) ^{G,H}	B (SE) ^{G,H}	B (SE) ^{G,H}	B (SE) ^{G,H}
Constante	-0.026 (0.017)	-0.153 (0.021)**	-0.140 (0.027)**	0.727 (0.088)**	0.724 (0.094)**	0.957 (0.124)**
AJOUT DE COVARIABLES DE NIVEAU-INDIVIDUS						
Âge						
18-44 ans (vs ≥ 65 ans)				-0.566 (0.047)**	-0.565 (0.047)**	-0.572 (0.047)**
45-64 ans (vs ≥ 65 ans)				-0.344 (0.041)**	-0.344 (0.041)**	-0.344 (0.041)**
Besoin perçu de plus d'infrastructures ou de services dans le quartier de résidence pour mieux s'adapter lorsqu'il fait très chaud et humide en été:						
Oui, en aménagement urbain (vs non)				-0.303 (0.036)**	-0.303 (0.036)**	-0.301 (0.036)**
Oui, dans d'autres secteurs comme le transport public (vs non)				-0.151 (0.052) [†]	-0.150 (0.052) [†]	-0.150 (0.051) [†]
Impacts sanitaires néfastes autorapportés lorsqu'il fait très chaud et humide en été (vs non)						
Contacts face à face avec des amis quelques fois par mois ou plus (vs non)				-0.281 (0.034)**	-0.281 (0.034)**	-0.285 (0.034)**
≥ 2 aidants dans la dernière année vivant dans le même quartier, mais pas dans le même logement (vs < 2)				-0.209 (0.039)**	-0.209 (0.039)**	-0.207 (0.039)**
≥ 2 aidants dans la dernière année vivant à < 80 km du logement, mais pas dans le même quartier (vs < 2)				-0.186 (0.034)**	-0.186 (0.034)**	-0.181 (0.034)**
Automobile comme principal mode de transport pour voyager localement dans la dernière année (vs non)				-0.100 (0.034) [†]	-0.100 (0.034) [†]	-0.097 (0.034) [†]
Pas de pratique d'activités physiques dans les 3 derniers mois (vs oui)				0.332 (0.036)**	0.332 (0.036)**	0.334 (0.036)**
≥ 1 incapacité fonctionnelle:						
Souvent (vs jamais)				0.223 (0.048)**	0.223 (0.048)**	0.221 (0.048)**
Parfois (vs jamais)				0.128 (0.050) [†]	0.127 (0.050) [†]	0.125 (0.050) [†]
Satisfaction de la qualité de l'isolation thermique du logement en été :						
Non centrée (en continu)				0.081 (0.016)**		
Centrée sur la moyenne de l'immeuble (en continu)					0.080 (0.023)**	0.079 (0.023)**
AJOUT DE COVARIABLES DE NIVEAU-IMMEUBLES						
Par immeuble, moyenne de la satisfaction avec la qualité de l'isolation thermique du logement en été (en continu)					0.081 (0.022)**	0.082 (0.022)**
AJOUT DE COVARIABLES DE NIVEAU-AD						
Par AD, moyenne de la durée de résidence dans le même logement (en continu)						-0.028 (0.010) [†]
Par AD, indice de potentiel piétonnier (en continu)						-0.013 (0.007) [‡]

^A M_0 = modèle nul à 1 niveau (individus). ^B M_{00} = modèle nul à 2 niveaux (individus + immeubles). ^C M_{000} = modèle nul à 3 niveaux (individus + immeubles + AD). ^D $M_{000:1}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus. ^E $M_{000:12}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus et de niveau-immeubles. ^F $M_{000:123}$ = modèle nul à 3 niveaux avec covariables de niveau-individus, de niveau-immeubles et de niveau-AD. ^G β (ES): estimation du coefficient β (erreur standard). ^H Valeurs p: **: $p \leq 0.0001$; *: $p \leq 0.001$; †: $p \leq 0.01$; ‡: $p \leq 0.05$.

Tableau 8 Covariables de niveau-individus associées à l'indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été

Analyses bivariées				
Variables	% ^A (IC) ^B	% selon l'indice d'adaptation ^C (IC) ^B		
		Faible	Moyen	Élevé
Exposition à la chaleur				
Satisfaction de la qualité de l'isolation thermique du logement en été				
Tout à fait insatisfait	22.5 (21.1–24.0)	11.2 (8.0-14.3)	69.1 (64.6-73.7)	19.7 (15.8-23.5)
Plutôt insatisfait ou satisfait	58.7 (56.9-60.4)	16.0 (13.7-18.4)	66.5 (63.6-69.5)	17.5 (15.1-19.8)
Tout à fait satisfait	18.8 (17.4–20.2)	25.6 (20.6-30.6)	63.5 (58.0-69.0)	10.9 (7.3-14.5)
Incapacité				
≥ 1 incapacité fonctionnelle				
Jamais	71.1 (69.5-72.7)	14.2 (12.2-16.3)	67.0 (64.3-69.6)	18.9 (16.7-21.0)
Parfois	12.7 (11.5-13.9)	19.7 (14.6-24.8)	64.5 (58.2-70.8)	15.7 (10.7-20.8)
Souvent	16.1 (14.9-17.5)	25.1 (20.1-30.2)	67.4 (61.9-72.8)	7.5 (4.5-10.5)
Style de vie				
Pratique d'activités physiques (3 mois)				
Oui	32.0 (30.4-33.7)	12.1 (10.1-14.0)	68.2 (65.5-70.9)	19.8 (17.4-22.1)
Non	68.0 (66.3-69.6)	26.4 (22.7-30.1)	63.6 (59.6-67.5)	10.0 (7.8-19.3)
Automobile, principal mode de transport localement (12 mois)				
Oui	42.3 (40.6-44.0)	16.0 (13.2-18.7)	63.4 (59.9-66.9)	20.7 (17.7-23.6)
Non, transport public	57.7 (56.0-59.4)	17.1 (13.2-18.7)	69.2 (66.3-72.1)	13.7 (11.6-15.9)
Soutien et contacts sociaux dans la dernière année				
≥ 2 aidants vivant dans le même quartier (pas le même logement)				
≥ 2 aidants	41.6 (39.8-43.4)	14.0 (11.4-16.6)	66.9 (63.4-70.3)	19.2 (16.3-22.0)
1 aidant	35.8 (34.1-37.5)	16.6 (13.6-19.7)	66.3 (62.6-70.1)	17.0 (14.0-20.0)
Aucun aidant	22.6 (21.1-24.1)	20.9 (16.7-25.2)	67.1 (62.3-72.0)	11.9 (8.5-15.3)
≥ 2 aidants vivant à < 80 km (pas le même quartier)				
≥ 2 aidants	29.6 (28.0-31.3)	11.7 (8.8-14.7)	65.8 (61.6-70.0)	22.5 (18.8-26.1)
1 aidant	16.6 (14.8-18.3)	16.2 (11.7-20.6)	66.7 (61.1-72.3)	17.2 (12.7-21.6)
Aucun aidant	53.8 (51.5-56.1)	19.5 (16.9-22.2)	67.7 (64.6-70.7)	12.8 (10.6-14.9)
Contacts face à face avec les amis quelques fois par mois ou plus				
Oui	7.0 (6.1-6.9)	15.6 (13.8-17.5)	66.8 (64.4-69.1)	17.6 (15.8-19.5)
Non	93.0 (92.1-94.0)	27.1 (19.1-35.0)	68.0 (59.7-76.3)	4.9 (1.2-8.6) ^D
Adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été				
Besoin perçu d'infrastructures ou de services pour mieux s'adapter dans le quartier de résidence				
Oui, en aménagement urbain	38.1 (36.3-39.8)	9.7 (7.4-12.0)	67.3 (63.8-70.9)	23.0 (19.8-26.2)
Oui, dans d'autres secteurs comme le transport public	12.1 (10.9-13.3)	12.6 (8.3-16.8)	70.5 (64.2-76.7)	17.0 (11.6-22.3)
Non	49.8 (48.1-51.6)	22.7 (19.8-25.6)	65.4 (62.2-68.7)	11.9 (9.7-14.1)

Tableau 8 Covariables de niveau-individus associées à l'indice d'adaptation lorsqu'il fait très chaud et humide en été (suite)

Analyses bivariées				
Variables	% ^A (IC) ^B	% selon l'indice d'adaptation ^C (IC) ^B		
		Faible	Moyen	Élevé
Impacts sanitaires lorsqu'il fait très chaud et humide en été				
Impacts sanitaires néfastes autorapportés				
Oui	46.0 (44.2-47.8)	12.1 (9.8-14.4)	67.0 (63.8-70.3)	20.9 (18.0-23.7)
Non	54.0 (52.2-55.7)	20.6 (17.9-23.2)	66.4 (63.4-69.5)	13.0 (19.9-15.1)
Attributs sociodémographiques				
Âge				
18-44 ans	31.0 (28.9-33.1)	7.1 (4.7-9.4)	65.7 (61.8-69.7)	27.2 (23.5-30.9)
45-64 ans	39.8 (37.5-42.0)	15.0 (12.3-17.7)	68.8 (62.3-72.3)	16.2 (13.4-19.1)
≥ 65 ans	29.3 (27.2-31.4)	29.1 (25.1-33.1)	64.9 (60.7-69.1)	6.0 (3.9-8.1)

^A %: fréquences pondérées en pourcentages. Les pourcentages ont été arrondis à une décimale près. ^B IC: intervalles de confiance. ^C Dans ce tableau, les valeurs de l'indice d'adaptation ont été divisés selon trois groupes : élevé pour des valeurs ≤ -1 , moyen pour des valeurs < 1 , mais > -1 , et faible pour des valeurs ≥ 1 . Pour chaque covariable, les différences entre les groupes ont une valeur $p < 0.0001$. La relation avec l'air climatisé à domicile était non statistiquement significative ($p = .4371$).

Bibliographie

- 1 Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for policymakers. In Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Field, C.B.; V.R. Barros; D.J. Dokken; K.J. Mach; M.D. Mastrandrea; T.E. Bilir; M. Chatterjee; K.L. Ebi; Y.O. Estrada; R.C. Genova, et al., Eds. Cambridge University Press: New York, USA, 2014; pp 1-32.
- 2 Mitchell, R., Popham, F., 2008. Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. *The Lancet* 372, 1655-1660.
- 3 Ngom, R., Gosselin, P., Blais, C., Rochette, L., 2013. Adaptation to climate change in environmental health through primary prevention: an applied example with green spaces for urbanized regions in the province of Quebec. Paper presented at the XVth International Medical Geography Symposium, East Lansing, Michigan, USA.
- 4 McGeehin, M.A., Mirabelli, M., 2001. The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States. *Environment Health Perspectives* 109, 185-189.
- 5 Semenza, J.C., Rubin, C.H., Falter, K.H., Selanikio, J.D., Flanders, W.D., Howe, H.L., Wilhelm, J.L., 1996. Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago. *New England Journal of Medicine* 335, 84-90.
- 6 van den Akker, M., Buntinx, F., Metsemakers, J.F., Roos, S., Knottnerus, J.A., 1998. Multimorbidity in general practice: prevalence, incidence, and determinants of co-occurring chronic and recurrent diseases. *Journal of Clinical Epidemiology* 51, 367-375.
- 7 Kilbourne, E.M. (2002). Heat-related illness: current status of prevention efforts, *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 22, no 4, p. 328-329.
- 8 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*, vol. 167, no 20, p. 2170-2176.
- 9 Vandentorren, S., Bretin, P., Zeghnoun, A., Mandereau-Bruno, L., Croisier, A., Cochet, C., Riberon, J., Siberan, I., Declercq, B., Ledrans, M. (2006). August 2003 heat wave in France: risk factors for death of elderly people living at home, *Eur J Public Health*, vol. 16, no 6, p. 583-591.
- 10 Alberini, A., Gans, W., Alhassan, M., 2011. Individual and public-program adaptation: coping with heat waves in five cities in Canada. *Int J Environ Res Public Health* 8, 4679-4701.
- 11 White-Newsome, J.L., Sánchez, B.N., Parker, E.A., Dvonch, J.T., Zhang, Z., O'Neill, M.S., 2011. Assessing heat-adaptive behaviors among older, urban-dwelling adults. *Maturitas* 8(1), 85-89
- 12 Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 282-292. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008.
- 13 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 9 cities in Canada. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 11, 11028-11053; doi:10.3390/ijerph111111028
- 14 Statistics Canada. Perceived health, 2010. <http://www.statcan.gc.ca/pub/82-229-x/2009001/status/phx-eng.htm>. (accessed on 24 october 2014).

- 15 Ormandy, D., Ezratty, V., 2012. Health and thermal comfort: from WHO guidance to housing strategies. *Energy Policy* 49, 116-121.
- 16 Jamrozik, E., Hyde, Z., Alfonso, H., Flicker, L., Almeida, O., Yeap, B., Norman, P., Hankey, G., Jamrozik, K., 2014. Validity of self-reported versus hospital-coded diagnosis of stroke: A cross-sectional and longitudinal study. *Cerebrovascular diseases* 37, 256-262.
- 17 Fahimi, M., Link, M., Mokdad, A., Schwartz, D.A., Levy, P., 2008. Tracking chronic disease and risk behavior prevalence as survey participation declines: Statistics from the behavioral risk factor surveillance system and other national surveys. *Preventing chronic disease* 5, A80.
- 18 Gobbens, R.J., van Assen, M.A., 2014. The prediction of quality of life by physical, psychological and social components of frailty in community-dwelling older people. *Quality of life research: An international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*. Advance online publication: <http://dx.doi.org/10.1007/s11136-014-0672-1>.
- 19 Starr, G.J., Dal Grande, E., Taylor, A.W., Wilson, D.H., 1999. Reliability of self-reported behavioural health risk factors in a south australian telephone survey. *Australian and New Zealand Journal of Public Health* 23, 528-530.
- 20 Pierannunzi, C., Hu, S.S., Balluz, L., 2013. A systematic review of publications assessing reliability and validity of the Behavioral Risk Factor Surveillance System (BRFSS), 2004-2011. *BMC Medical Research Methodology* 13, 49.
- 21 Daniau, C.; Dor, F.; Eilstein, D.; Lefranc, A.; Empereur-Bissonnet, P.; Dab, W. [Study of self-reported health of people living near point sources of environmental pollution: A review. Second part: Analysis of results and perspectives]. *Revue d'épidémiologie et de santé publique* 2013, 61, 388-398.
- 22 Glanz, K.; Gies, P.; O'Riordan, D.L.; Elliott, T.; Nehl, E.; McCarty, F.; Davis, E. Validity of self-reported solar UVR exposure compared with objectively measured UVR exposure. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention* 2010, 19, 3005-3012.
- 23 Ezratty, V., Duburcq, A., Emery, C., Lambrozo, J., 2009. Liens entre l'efficacité énergétique du logement et la santé des résidents: résultats de l'étude européenne LARES. *Environnement, Risques & Santé* 8, 497-506.
- 24 Anderson, B.G., Bell, M.L., 2009. Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology* 20, 205-213.
- 25 Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for policymakers. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Stocker, T.F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S.K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; Midgley, P.M., Eds. Cambridge University Press: New York, USA, 2013.
- 26 Hansen, J.; Sato, M.; Ruedy, R. Perception of climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 2012, 109, E2415-E2423.
- 27 Klinenberg, E. (2002). *Heat Wave: A Social Autopsy of Disaster in Chicago*. Chicago: Univ. Chicago Press, p. 305.
- 28 Basu, R., Samet, J.M. (2002). Relation between elevated ambient temperature mortality: a review of the epidemiologic evidence, *Epidemiologic Reviews*, vol. 24, no 2, p. 190-202.
- 29 Uejio, K., Wilhelmi, O.V., Golden, J.S., Mills, D.M., Gulino, S.P., Samenow, J.P., 2011. Intra-urban societal vulnerability to extreme heat: The role of heat exposure and the built environment, socioeconomics, and neighborhood stability. *Health & Place*, 17, 498-507
- 30 Oke, T.R. *Boundary layer climates* 2nd ed.; Routledge: London, UK, 1987; 474 p.

- 31 Voogt, J.A. Urban heat island. In Encyclopedia of global environmental change - Causes and consequences of global environmental change, Douglas, I., Ed. Wiley: New York, USA, 2002; Vol. 3, pp 660-666.
- 32 Canadian Council on Social Development. Poverty by Geography Urban: Urban Poverty in Canada, 2000. Available online: www.ccsd.ca/images/research/UPP/PDF/UPP-PovertyByGeography.pdf (accessed on 16 December 2013).
- 33 Conference Board of Canada. Canadian Income Inequality: Is Canada Becoming More Unequal? Available online: www.conferenceboard.ca/hcp/hot-topics/caninequality.aspx (accessed on 16 December 2013).
- 34 Statistics Canada. Dissemination Area (DA) 2011. Available online: www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/ref/dict/geo021-eng.cfm (accessed on 16 December 2013).
- 35 Toutant, S.; Gosselin, P.; Bélanger, D.; Bustinza, R.; Rivest, S. An open source web application for the surveillance and prevention of the impacts on public health of extreme meteorological events: The SUPREME system. *International Journal of Health Geographics* 2011, 10, 39-49.
- 36 Gouvernement du Québec. L'organisation municipale et régionale au Québec en 2013; Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du Territoire, Gouvernement du Québec: Québec, Canada, 2013; Available online: www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/organisation_municipale/organisation_territoriale/organisation_municipale.pdf (accessed on 16 December 2013).
- 37 Pickett, K.E., Pearl, M., 2001. Multilevel analyses of neighbourhood socioeconomic context and health outcomes: a critical review. *J Epidemiol Community Health*, 55, 111-122.
- 38 Diez-Roux, A., 2000. Multilevel analysis in public health research. *Annu. Rev. Public Health*, 21, 171-192.
- 39 Riva, M., Gauvin, L., Barnett, T.A., 2007. Toward the next generation of research into small area effects on health : a synthesis of multilevel investigations published since July 1998. *J Epidemiol Community Health*, 61, 853-861.
- 40 Vallée, J.; Souris, M.; Fournet, F.; Bochaton, A.; Mobillion, V.; Peyronnie, K.; Salem, G. Sampling in health geography: Reconciling geographical objectives and probabilistic methods. An example of a health survey in Vientiane (Lao PDR). *Emerging Themes in Epidemiology* 2007, 4, 6.
- 41 Pampalon, R.; Raymond, G. A deprivation index for health and welfare planning in Quebec. *Chronic Dis Can* 2000, 21, 104-113.
- 42 Greenacre, M. 2007. Correspondence analysis in practice. Second edition, Chapman & Hall/CRC, New York, 284 p.
- 43 Asselin L-M. 2002. Composite indicator of Multidimensional Poverty - Theory. Institut 541 de Mathématique Gauss, Québec (Qc), 33 p.
- 44 Bélanger, D., Abdous, B., Gosselin, P., Valois, P. Développement d'un indice d'adaptation en lien avec les impacts sanitaires néfastes autorapportés lors de conditions très chaudes et humides en été. Sur le site Internet de l'INRS-ETE.
- 45 Kovats, R.S.; Hajat, S., 2008. Heat stress and public health: A critical review. *Annual Review of Public Health*, 29, 41-55.
- 46 Lundgren, L.; Jonsson, A. Assessment of social vulnerability: A literature review of vulnerability related to climate change and natural hazards. In CSPR Briefing no.9, Center for Climate Science and Policy Research: Norrköping, Sweden, 2012.

- 47 Chebana, F., Martel, B., Gosselin, P., Giroux, J. X. et Ouarda, T. B. M. J. (2013). [A general and flexible methodology to define thresholds for heat health watch and warning systems, applied to the province of Quebec \(Canada\)](#). Int. J. Biometeorol., 57 (4) : 631-644. DOI : 10.1007/s00484-012-0590-2.
- 48 Boulfroy E., Khaldoune J, Grenon F, Fournier R, Talbot B. 2012. Conservation des îlots de fraîcheur urbains. Description de la méthode suivie pour identifier et localiser les îlots de fraîcheur et de chaleur - Résumé. CERFO et Université de Sherbrooke. Rapport 2012-11a. Accessible sur : http://www.cerfo.qc.ca/index.php?id=18&no_cache=1&tx_drblob_pi1%5bdownloadUid%5d=313. Consulté le 24 octobre 2014.
- 49 INSPQ. Indicateur de l'environnement bâti <http://www.inspq.qc.ca/environnement-bati/indice-de-potentiel-pietonnier>. Consulté le 24 octobre 2014.
- 50 Rabe-Hesketh S & Skrondal A. 2008. Multilevel and Longitudinal Modeling Using Stata, Second Edition. Stata Press. 562 p.
- 51 Rasbash, J., Charlton, C., Browne, W.J., Healy, M. and Cameron, B. (2009) MLwiN Version 2.1. Centre for Multilevel Modelling, University of Bristol.
- 52 Steele F. (2009) Module 6: Regression models for binary responses concepts. <http://www.bristol.ac.uk/cmm/learning/module-samples/6-concepts-sample.pdf>.
- 53 Diez-Roux, A., 2008. Next steps in understanding the multilevel determinants of health. J Epidemiol Community, 62, 957-959.
- 54 Holmes, J.H., Lehman, A., Hade, E., Ferketich, A.K., Gehlert, S., Rauscher, G.H., Abrams, J., Bird, C.E., 2008. Challenges for Multilevel Health Disparities Research in a Transdisciplinary Environment. Am J Prev Med, 35(2S), S182–S192.
- 55 Diez Roux, A.V., Mair, C. Neighborhoods and Health. Annals of the New York Academy of Sciences [Volume 1186, The Biology of Disadvantage: Socioeconomic Status and Health](#) pages 125–145, February 2010. Accessible to: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-6632.2009.05333.x/full>.
- 56 Rosso, A.L., Auchincloss, A.H., Michael, Y.L. The urban built Environment and mobility in older adults: a comprehensive review. Journal of Aging Research, Volume 2011, Article ID 816106, 10 pages, doi:10.4061/2011/816106.
- 57 Wilhelmi, O.V., Hayden, M.H., 2010. Connecting people and place: a new framework for reducing urban vulnerability to extreme heat. Environ. Res. Lett., 5, 7pp. doi:10.1088/1748-9326/5/1/014021.
- 58 Patz J.A., Frumkin H., Holloway T, Vimont D.J., Haines A., 2014. Climate Change Challenges and Opportunities for Global Health. JAMA Published online September 22.
- 59 Luber, G.; McGeehin, M. Climate change and extreme heat events. American Journal of Preventive Medicine 2008, 35, 429-435.
- 60 Kenny, G.P.; Yardley, J.; Brown, C.; Sigal, R.J.; Jay, O. Heat stress in older individuals and patients with common chronic diseases. Canadian Medical Association Journal 2010, 182, 1053-1060.
- 61 Neylon, A.; Canniffe, C.; Anand, S.; Kreatsoulas, C.; Blake, G.J.; Sugrue, D.; McGorrian, C. A global perspective on psychosocial risk factors for cardiovascular disease. Progress in Cardiovascular Diseases 2013, 55, 574-581.
- 62 McEwen, B.S. Brain on stress: How the social environment gets under the skin. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 2012, 109 Suppl 2, 17180-17185.

- 63 Nitschke, M., Hansen, A., Bi, P., Pisaniello, D., Newbury, J., Kitson, A., Tucker, G., Avery, J. Dal Grande, E. 2013. Risk factors, health effects and behaviour in older people during extreme heat: a survey in South Australia. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 10, 6721-6733.
- 64 Smargiassi, A., Berrada, K., Fortier, I., Kosatsky, T., 2006. Traffic intensity, dwelling value, and hospital admissions for respiratory disease among the elderly in Montreal (Canada): a case-control analysis. *Journal of epidemiology and community health* 60, 507-512.
- 65 Ca, V.T., Asaeda, T., Abu, E.M., 1998. Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park. *Energy and Buildings* 29, 83-92.
- 66 Stone, B.Jr, Vargo, J., Liu, P., Habeeb, D., DeLucia, A., Trail, M., Hu, Y., Russell, A., 2014. Avoided heat-related mortality through climate adaptation strategies in three US cities. *PLoS ONE*;9 (6):e100852.
- 67 Gagnon, D.; Kenny, G.P. Does sex have an independent effect on thermoeffector responses during exercise in the heat? *The Journal of physiology* 2012, 590, 5963-5973.
- 68 Charkoudian, N. Skin blood flow in adult human thermoregulation: How it works, when it does not, and why. *Mayo Clinic Proceedings* 2003, 78, 603-612.
- 69 National Center for Health Statistics. Health, United States, 2011: With Special Feature on Socioeconomic Status and Health. Hyattsville, MD. 2012. Accessible to: [http://www.cdc.gov/nchs/data/11.pdf](http://www.cdc.gov/nchs/data/hus/11.pdf)
- 70 Bélanger, D., Gosselin, P., Valois, P., Abdous, B., 2006. Vagues de chaleur au Québec méridional : adaptations actuelles et suggestions d'adaptations futures. Accessible sur http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/538-vagueschaleur_quebec.pdf. Consulté le 24 octobre 2014.
- 71 Public health agency of Canada. The chief public health officer's report on the state of public health in Canada 2010. Chapter 3: The health and well-being of Canadian seniors. Accessible to: <http://www.phac-aspc.gc.ca/cphorsphc-respcacsp/2010/fr-rc/cphorsphc-respcacsp-06-eng.php>.
- 72 Koppe, C., Kovats, S., Jendritzky, G., Menne, B. [Heat-waves: risks and responses](#). WHO, 2004, Copenhagen, Denmark, 123 pages. Accessible to http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/96965/E82629.pdf.
- 73 Havenith, G., Luttikholt, G.M., Vrijkotte, T.G.M., 1995. The relative influence of body characteristics on humid heat stress response. *Eur J Appl Physiol*, 70, 270-279.
- 74 Yen, I.H., Michael, Y.L., Perdue, L., 2010. Neighborhood environment in studies of health of older adults: a systematic review. [American Journal of Preventive Medicine](#), 37(5): 455-463.
- 75 Michael, Y., Beard, T., Choi, D., Farquhar, S., & Carlson, N. (2006). Measuring the influence of built neighborhood environments on walking in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 14(3), 302-312.
- 76 Ethan M. Berke, Thomas D. Koepsell, Anne Vernez Moudon, Richard E. Hoskins, and Eric B. Larson. Association of the built environment with physical activity and obesity in older persons. *American Journal of Public Health: March 2007, Vol. 97, No. 3, pp. 486-492.* doi: 10.2105/AJPH.2006.085837.
- 77 Kinney PL, O' Neill MS, BellML, Schwartz J. Approaches for estimating effects of climate change on heat-related deaths: challenges and opportunities. *Environ Sci Policy*. 2008;11(1):87-96. doi:10.1016/j.envsci.2007.08.001.
- 78 Jacob DJ, Winner DA. Effect of climate change on air quality. *Atmos Environ*. 2009;43(1):51-63.

- 79 Oishi S. 2010. The psychology of residential mobility: implications for the self, social relationships, and well-being. *Perspect. Psychol. Sci.* 5:5–21.
- 80 Gifford, R., 2014. Environmental psychology matters. *Annu. Rev. Psychol.* 65, 541-579.
- 81 Ledrans, M. (2006). Impact sanitaire de la vague de chaleur de l'été 2003 : synthèse des études disponibles en août 2005, BEH, p. 19-20, p. 130-139.
- 82 Wolf, J., Adger, W.N., Lorenzon, I., Abrahamson, V., Raine, R., 2010. Social capital, individual responses to heat waves and climate change adaptation: An empirical study of two UK cities. *Global Environmental Change*, 20, 44–52.
- 83 Giguère, M., 2009. Urban heat island mitigation strategies, 2009. Institut national de santé publique du Québec, Québec. Available: http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1513_UrbanHeatIslandMitigationStrategies.pdf.
- 84 Morin, P., Leloup, X., Baillergeau, E., Caillouette, J., 2010. Habiter en HLM : impacts sur la santé et le bien-être des ménages familiaux. Available: http://www.frqsc.gouv.qc.ca/upload/capsules_recherche/fichiers/capsule_54.pdf.
- 85 Hemmings, J., & Wilkinson, J. (2003). What is a public health observatory? *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57(5), 324-326. doi: 10.1136/jech.57.5.324.
- 86 Caiaffa, W., Friche, A., Dias, M., Meireles, A., Ignacio, C. et al. (2013). Developing a conceptual framework of urban health observatories toward integrating research and evidence into urban policy for health and health equity. *Journal of Urban Health*, 1-16. doi: 10.1007/s11524-013-9812-0.
- 87 Lam, M., Jacobson, B., & Fitzpatrick, J. (2010). *Establishing a regional public health observatory: Some questions answered*. Disponible à partir de: http://www.lho.org.uk/Download/Public/15755/1/Establishing%20a%20Regional%20PHO_v7_final.pdf.