

Mesures d'adaptation à la chaleur, confort thermique et qualité de l'air intérieur dans l'habitation



SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES

Juin 2016

Cette synthèse, basée sur les connaissances scientifiques récentes, a été rédigée en appui à la publication intitulée « Comportements d'adaptation à la chaleur dans l'habitation au Québec et en Ontario » (INSPQ 2016).

Sommaire

Faits saillants	3
Méthodologie de la recherche documentaire	3
Mesures d'adaptation aux vagues de chaleur et impacts sur le confort thermique et la qualité de l'air intérieur	4
Facteurs qui influencent la vulnérabilité aux vagues de chaleur et mesures d'adaptation associées	8
En conclusion	11

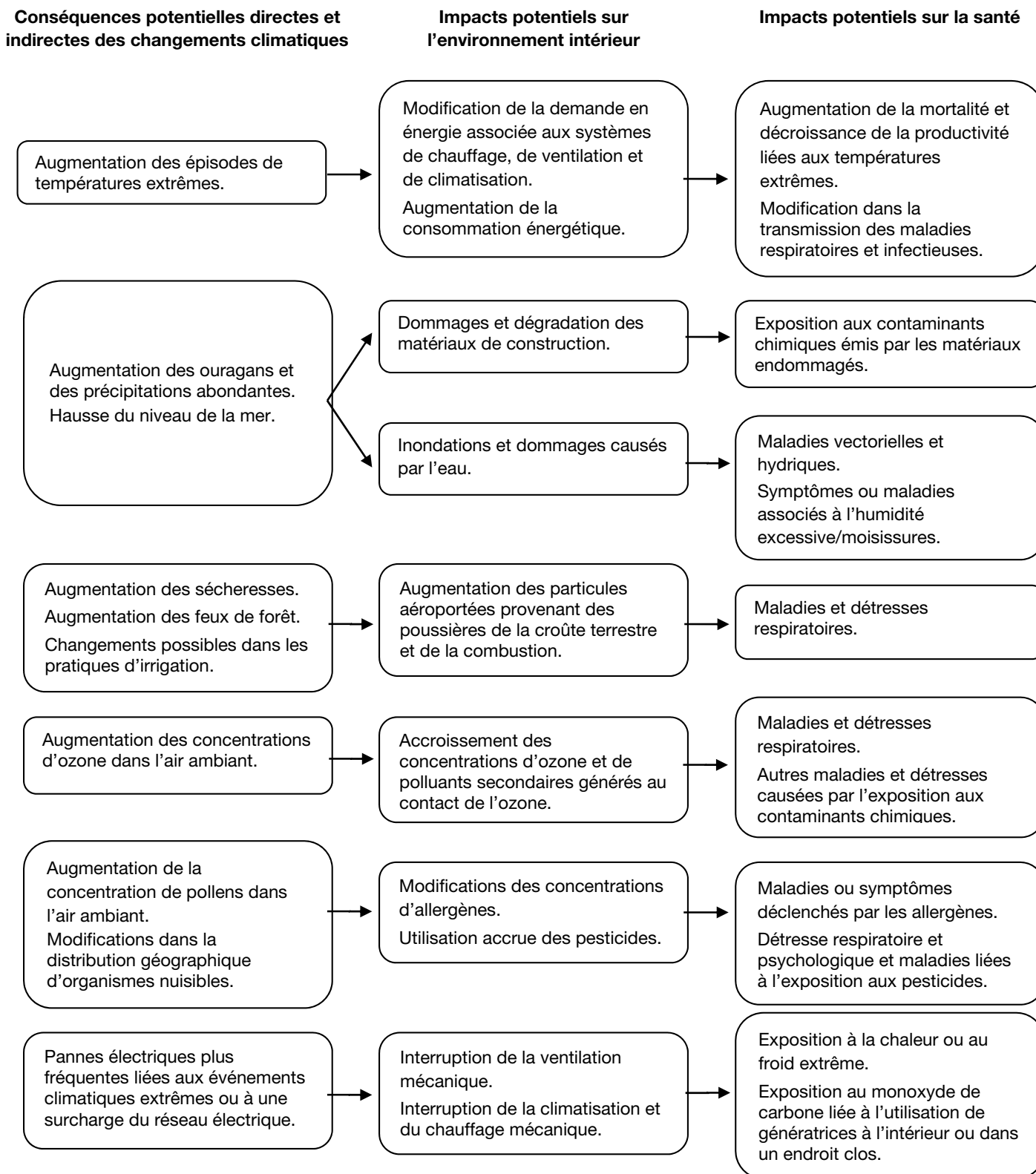
Contexte

Plusieurs des effets à la santé documentés en lien avec l'environnement intérieur découlent de la présence de contaminants chimiques et microbiologiques. Dans un contexte de changements climatiques s'ajoute une série d'autres effets ayant une influence sur les paramètres de l'environnement intérieur, de même que sur la santé et le bien-être des occupants (voir figure 1).

Ces effets, anticipés à l'échelle planétaire, pourraient se manifester à des degrés divers selon le contexte géographique. L'Agence de la santé publique du Canada reconnaît que plusieurs de ces effets ne sont pas nouveaux, mais que leur gravité et leur fréquence pourraient s'accroître dans un contexte de changements climatiques. De nouveaux risques pourraient également survenir lorsque des conditions favorables aux organismes nuisibles, aux agents infectieux et aux vecteurs de maladies sont réunies, selon l'Institute of Medicine.

La fréquence des vagues de chaleur devrait augmenter au cours des prochaines décennies sous nos latitudes. De plus, parmi d'autres conséquences potentielles des changements climatiques, elles sont la cause d'un très grand nombre de décès. Aux États-Unis, elles sont d'ailleurs considérées par le National Climatic Data Center comme l'aléa climatique responsable d'un nombre de décès plus grand que toutes les autres problématiques liées aux changements climatiques réunies. Cette synthèse des connaissances porte donc spécifiquement sur les mesures d'adaptation adoptées par la population lors de vagues de chaleur. Elle expose également les répercussions positives et négatives de ces mesures à la fois sur le confort thermique, une des composantes de la qualité de l'air intérieur, et sur la qualité de l'air elle-même.

Figure 1 Conséquences des changements climatiques sur l'environnement intérieur et la santé (traduit de « Climate Change, the Indoor Environment and Health », Institute of Medicine 2011)



Faits saillants

- Les vagues de chaleur, responsables d'un grand nombre de décès et d'autres effets à la santé, requièrent l'adoption par la population de mesures d'adaptation dans leur habitation.
- Diverses mesures visent à assurer le confort thermique des occupants lorsqu'il fait chaud et humide. Certaines mesures sont associées à l'habitation, telles que l'aération naturelle, la ventilation mécanique et la climatisation. D'autres mesures s'adressent à l'individu comme l'hydratation, la prise de douche, l'accès à des endroits frais que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment.
- L'adoption de ces diverses mesures d'adaptation par la population varie selon des facteurs physiques, dont l'âge et l'état de santé, des facteurs psychologiques, sociaux, communautaires et environnementaux. Ces facteurs influencent la vulnérabilité à la chaleur.
- Très efficace pour contrer les effets sanitaires liés à la chaleur, la climatisation peut aussi limiter l'entrée de polluants de l'air extérieur si l'appareil est bien entretenu et utilisé de manière optimale ce qui permet d'éviter les contaminations de nature microbiologique. En contrepartie, la climatisation pourrait avoir des impacts sur la thermorégulation des individus, de même qu'à l'échelle locale, en contribuant aux îlots de chaleur, et à l'échelle mondiale, par sa contribution à l'effet de serre.
- L'aération naturelle en soirée et non pendant le jour permet d'abaisser la température à l'intérieur. Toutefois, considérant l'étanchéité accrue de l'enveloppe des bâtiments pour améliorer l'efficacité énergétique et le confort thermique, l'apport d'air par infiltration dans les habitations diminue si les fenêtres sont fermées. Une telle situation entraîne la nécessité de compenser par la ventilation mécanique pour ne pas nuire à la qualité de l'air intérieur.

Méthodologie de la recherche documentaire

Par leurs travaux portant sur les relations entre les changements climatiques, l'environnement intérieur et la santé, l'Institute of Medicine of the National Academies (IOM 2011) a grandement contribué à structurer cette synthèse des connaissances. L'IOM réfère notamment à trois grandes catégories de facteurs qui influencent la qualité de l'air intérieur (QAI) dans un contexte de changements climatiques : 1) les types et les propriétés des contaminants présents dans l'air intérieur; 2) les caractéristiques de construction du bâtiment; 3) les comportements des occupants. Cette synthèse porte principalement sur les comportements des occupants, mais traite également de certaines caractéristiques liées à leur habitation et leur environnement immédiat. La première catégorie de facteurs n'est pas abordée dans le cadre de cette synthèse.

La présente synthèse des connaissances a été élaborée en deux temps. Dans un premier temps, une recherche bibliographique sommaire, couvrant les années 2005 à 2015, visait à répertorier les articles scientifiques et la littérature grise sur les mesures d'adaptation aux vagues de chaleur et leurs liens avec le confort thermique et la QAI. Les bibliographies des articles retenus par cette stratégie ont été consultées afin de repérer des références supplémentaires. Dans un second temps, des discussions avec des experts de la santé spécialisés en QAI et en changements climatiques à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) ont permis de compléter cette recherche en proposant des articles scientifiques pertinents et des documents plus techniques, notamment sur la climatisation, la ventilation naturelle et la ventilation mécanique.

Cette synthèse est subdivisée en deux sections. La première fait état des connaissances scientifiques sur les mesures d'adaptation à la chaleur recommandées et adoptées par la population et leurs répercussions potentielles sur le confort thermique des populations et sur la QAI. La deuxième aborde les facteurs individuels, communautaires et environnementaux qui influencent les mesures d'adaptation.

Mesures d'adaptation aux vagues de chaleur et impacts sur le confort thermique et la qualité de l'air intérieur

Les vagues de chaleur sont associées à plusieurs effets sur la santé : crampes, évanouissement, déshydratation, hyperthermie, aggravation de l'état de santé d'une personne atteinte d'un problème touchant le système cardiovasculaire, respiratoire, rénal, aggravation de maladies compromettant la thermorégulation, troubles mentaux et maladies du système nerveux, interférence avec la métabolisation de certains médicaments et même la mort (Ledrans et Isnard 2003 cités dans INSPQ 2010; Kovats et Hajat 2008; Summers et coll. 2012; Basu et Samet 2002 cités dans INSPQ 2010; Bouchama et coll. 2007 cités dans INSPQ 2010; IOM 2011; INSPQ 2012 a-d; Bustinza et coll. 2013).

Pour prévenir les effets associés aux vagues de chaleur, les principales mesures recommandées à la population par les organismes de santé et l'adoption de ces mesures par la population sont décrites dans cette section. Les répercussions sur la QAI et le confort thermique associées à ces mesures d'adaptation sont aussi abordées. À noter qu'il existe plusieurs définitions de vagues de chaleur. Celle adoptée au Québec est définie en fonction d'effets sur la santé et varie d'une région sanitaire à l'autre. Ainsi, on considère que l'on est en présence d'une vague de chaleur extrême ou d'une canicule si les moyennes des températures maximales et minimales atteignent les seuils de chaleur extrême définis pendant trois jours consécutifs (INSPQ 2013).

Recommandations comportementales lors de vagues de chaleur

L'adaptation aux changements climatiques peut être définie comme un processus d'ajustement au climat actuel ou anticipé et à ses effets, de manière à en minimiser les conséquences et à en exploiter les opportunités bénéfiques (IPCC 2012). L'adaptation réfère aussi aux politiques, mesures et stratégies destinées à réduire les impacts des changements climatiques et à favoriser la résilience des communautés. Dans un contexte de santé, elle est synonyme de prévention puisqu'elle s'intéresse aux stratégies visant à prévenir ou minimiser les impacts (Austin et coll. 2015). Les mesures

d'adaptation aux vagues de chaleur visent à assurer le confort thermique chez les occupants (voir encadré *Confort thermique*).

Confort thermique : définition et mesure

L'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) définit le confort thermique comme un état ressenti d'équilibre entre le corps et les conditions ambiantes. Ce confort, qui comporte une composante subjective, est influencé par divers facteurs individuels tels que l'habillement, le métabolisme ou les activités physiques (IOM 2011, traduction libre). Il est aussi influencé par des facteurs environnementaux comme la température de l'air, la température des surfaces environnantes, les mouvements de l'air, l'humidité relative et le taux d'échange d'air ou ventilation (Ormandy et Ezratty 2012). En situation de stress thermique, le corps cherche à rétablir l'équilibre, soit en modifiant son comportement (thermorégulation comportementale) ou par des réactions physiologiques (thermorégulation physiologique) (IOM 2011).

Plutôt que d'avoir recours à des mesures objectives du confort thermique, dont la température ambiante, les chercheurs de l'étude de LARES (Large Analysis and Review of European housing and health Status) ont analysé la perception du confort thermique des participants de leur étude (Ezratty et coll. 2009). Cette mesure subjective offre l'avantage d'être directement reliée à un individu présentant des caractéristiques particulières, notamment quant à sa santé (Ormandy et Ezratty 2012).

Diverses mesures d'adaptation associées à la résidence visent à assurer le confort thermique lorsqu'il fait chaud et humide telles que l'aération (ouverture des fenêtres), la ventilation mécanique et la climatisation. L'IOM prévoit qu'avec l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur, une demande accrue en ventilation mécanique et en climatisation serait observée (voir figure 1). D'autres mesures s'adressent à l'individu comme l'hydratation, la prise de douche, l'accès à des endroits frais, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment, etc. (MSSS 2014; Centers for Disease Control and Prevention 2015b; Santé Canada 2011). Finalement, de manière à moduler leurs comportements journaliers, les occupants peuvent s'inscrire à des systèmes d'alertes précoces, lorsque ces derniers sont implantés,

ou s'informer des conditions de température en temps réel en consultant diverses sources d'information.

Ventiler son domicile

En période de grande chaleur, certaines recommandations transmises à la population peuvent concerner l'aération du domicile. Par exemple, il est recommandé d'ouvrir les fenêtres uniquement la nuit pour ne pas faire pénétrer la chaleur le jour (Sepannen et Fisk 2004; Porritt et coll. 2012). Par contre, dans le contexte d'une vague de chaleur et considérant l'étanchéité accrue de l'enveloppe des bâtiments pour améliorer l'efficacité énergétique et le confort thermique (Mavrogianni et coll. 2012), l'apport d'air par infiltration dans les habitations diminue si les fenêtres sont fermées (Schenck et coll. 2010). Une telle situation entraîne la nécessité de compenser par la ventilation mécanique pour ne pas nuire à la QAI. En fait, la mise en fonction d'un système de ventilation mécanique centralisé, en plus d'assurer une ventilation adéquate du domicile, permet de limiter l'introduction d'air de source extérieure, surtout si celui-ci est opéré en mode recirculation et que les fenêtres sont maintenues fermées (Sherman et Matson 2013; Ilacqua et coll. 2015). Au Québec, la mise en application d'un projet de règlement municipal sur l'efficacité énergétique en 2012 a rendu obligatoire l'installation d'un système de ventilation centralisé¹. Cette obligation s'applique aux petits bâtiments d'habitation², qu'il s'agisse de maisons construites par les entrepreneurs ou de celles bâties par les propriétaires occupants. En Ontario, le Code du bâtiment exige l'installation de ventilation mécanique, ce qui inclut les ventilateurs de salle de bain et de cuisine, selon certaines particularités³.

En bref, l'aération naturelle et la ventilation mécanique, en renouvelant l'air, permettent d'évacuer ou de diluer les contaminants de l'air intérieur vers l'extérieur limitant ainsi leur accumulation dans le bâtiment surtout lorsque celui-ci est très étanche. Toutefois, un apport d'air en provenance de l'extérieur est aussi susceptible de favoriser le transfert de contaminants vers le milieu intérieur (Sherman et Matson 2013), surtout dans des environnements extérieurs pollués (Wang et coll. 2001). L'aération naturelle ou la ventilation mécanique sont

nécessaires au maintien d'une QAI adéquate, mais, en période de chaleur, ces mesures doivent être utilisées adéquatement.

Climatiser son domicile

Les autorités sanitaires recommandent généralement d'utiliser la climatisation lors d'épisodes de chaleur extrême. Pendant la vague de chaleur de 1995 à Chicago, la mortalité a été significativement plus faible chez les personnes qui possédaient un appareil de climatisation à domicile ou dans l'entrée de leur appartement ou, encore, chez celles qui avaient fréquenté des endroits climatisés (Semenza et coll. 1996 cités dans Richard et coll. 2011). Par contre, la taille du logement peut jouer un rôle dans l'efficacité des climatiseurs. Ainsi, dans leur analyse de la mortalité liée à la chaleur aux États-Unis, Rogot et ses collaborateurs ont constaté que, contrairement aux climatiseurs centraux, les unités individuelles de climatisation (ex. : mobiles ou dans une fenêtre) ne contribuaient pas à réduire les risques à la santé, sauf dans les logements d'une à trois pièces (Rogot et coll. 1992). Une étude récente sur les climatiseurs confirme ce constat (Shah 2014).

Outre sa fonction principale qui consiste à réduire les effets associés à la chaleur, la climatisation a indirectement pour effet de limiter l'entrée de polluants extérieurs puisqu'elle est généralement jumelée à la fermeture des fenêtres (Lin et coll. 2013; Bell et coll. 2009; Nazaroff 2013). Puisque les vagues de chaleur sont souvent associées à des pics de pollution atmosphérique (Kovats et Hajat 2008), l'usage de la climatisation les fenêtres fermées permet de réduire notamment l'apport de particules fines à l'intérieur des bâtiments. En présence de forte humidité extérieure, la climatisation améliore le confort thermique (Centre de collaboration national en santé environnementale 2010) puisque le refroidissement de l'air qu'elle provoque a pour effet d'abaisser l'humidité relative de l'air intérieur (Ressources naturelles du Canada 2014).

Malgré ces bénéfices reconnus, certains effets négatifs de la climatisation sur la santé humaine et l'environnement ont été rapportés dans la littérature.

¹ Tel que prescrit par l'article 9.32 du Code de construction du Québec, Chapitre I, Bâtiment, accessible à l'adresse : http://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/publications/centre_codes/ccq_chapitre1_cnb_2005.html, (consulté le 14 septembre 2015).

² Les bâtiments de moins de trois étages et de moins de neuf logements sont aussi assujettis à ce règlement.

³ <http://www.ontario.ca/laws/regulation/120332/v6>. Voir section 9.32.

Certains auteurs évoquent d'abord que le recours à la climatisation depuis la deuxième moitié du 20^e siècle aurait réduit la tolérance à la chaleur (les capacités physiologiques de thermorégulation) (Healy 2008; O'Neill 2003 cité dans Kovats et Hajat 2008). Par contre, selon Kovats et Hajat (2008), cette relation ne serait pas encore claire. D'autres auteurs ont aussi montré que les climatiseurs qui ne sont pas utilisés ou entretenus de façon optimale peuvent contribuer au développement de contaminants microbiologiques dans l'habitation (Yu et coll. 2009; Wang et coll. 2001), exposant les occupants à cette contamination. Le dépôt de matières organiques et inorganiques sur les filtres favorise la croissance microbienne, ce qui entraîne une perte de l'efficacité du filtre et sa détérioration.

Des auteurs indiquent aussi que la climatisation, en augmentant la température extérieure à proximité des bâtiments par le rejet d'air chaud, peut contribuer au phénomène d'îlots de chaleur urbains (Lundgren et Kjellstrom 2013) et participer à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle globale (Chatzidiakou et coll. 2010). Lors des vagues de chaleur, l'utilisation accrue des appareils de climatisation dans les domiciles pourrait générer des pannes d'électricité généralisées ayant pour conséquence l'arrêt de la climatisation (Farbotko et Waitt 2011). Cette problématique serait moins susceptible de se produire au Québec; les étés étant moins longs et moins chauds et la pointe de consommation d'électricité se produisant l'hiver (INSPQ 2014).

En résumé, la climatisation est une mesure importante pour réduire la mortalité et la morbidité associée aux vagues de chaleur extrême. Toutefois, le recours à la climatisation du domicile comme unique mesure d'adaptation aux vagues de chaleur est contesté par certains auteurs et organismes (Maller et Strengers 2011; Healy et coll. 2008; AFSSE 2004) et des solutions alternatives ou complémentaires à la climatisation doivent être explorées. Par exemple, une plus grande fraîcheur dans les bâtiments peut être obtenue par diverses stratégies de verdissement sur les toits et les murs (Raji et coll. 2015; McGregor et coll. 2007). Parmi un ensemble de mesures évaluées dans une étude britannique, l'isolation des murs par l'extérieur a été identifiée comme étant la mesure qui, utilisée seule, réduit le plus la chaleur dans un type d'habitation particulière en Angleterre (Porritt et coll. 2011). Dans une autre étude à Londres, des modifications structurales au

toit et aux fenêtres ont eu un effet bénéfique sur la réduction de la température intérieure (Mavrogianni et coll. 2012). Dans une revue de littérature récente, Fisk (2015) rappelle qu'il importe d'analyser l'impact sur l'année entière des mesures d'adaptation du bâtiment puisque certaines peuvent réduire le confort thermique l'hiver (ex. : revêtements de toiture à albédo élevé et pare-soleil sur le bâtiment) et l'été (ex. : une meilleure isolation des murs).

Fréquenter un endroit climatisé ou un endroit frais à l'extérieur du domicile

Les autorités sanitaires recommandent de fréquenter un endroit climatisé (ex. : centre commercial, cinéma, refuges climatisés) ou un endroit frais à l'extérieur du domicile (ex. : jeux d'eau, piscines publiques, parcs) pour ceux qui ne possèdent pas de système de climatisation, qui n'ont pas une bonne capacité d'aération dans leur domicile ou qui n'ont pas accès à un endroit frais à leur domicile (par ex., sous-sol) (Santé Canada 2011; CDC 2015). Pour bénéficier de cette mesure d'adaptation, les personnes doivent cependant être autonomes et en mesure de se déplacer. Ainsi, certains plans d'intervention en période de chaleur pourraient inclure la couverture des frais de transport vers des endroits climatisés si ces derniers sont à une trop grande distance du domicile (McGregor et coll. 2007).

S'inscrire aux systèmes d'alerte précoce

Parmi les autres mesures visant à favoriser l'adaptation de la population lors de vagues de chaleur, il existe des systèmes d'alerte auxquels les personnes vulnérables peuvent s'inscrire. Un système d'alerte comprend la prévision des événements climatiques et de leurs conséquences possibles sur les populations, un plan de réponse efficace qui se déploie dans un temps raisonnable et un devis d'évaluation du système et de ses composantes (Ebi et coll. 2005). Les systèmes et les seuils d'alerte tiennent compte des disparités dans les communautés en se basant sur des données climatiques, géographiques et démographiques (O'Neill et coll. 2009; Kalstein et Sheridan 2007).

La déclaration d'une alerte de chaleur extrême est assortie de recommandations à l'attention de la population et est généralement liée au déploiement d'un plan d'intervention d'urgence plus élaboré. Ce dernier implique plusieurs intervenants et permet aux diverses

structures municipales, régionales ou nationales d'agir en concertation pour répondre aux besoins de la population. Le Québec dispose d'un système d'alerte bien développé (INSPQ 2014). Des alertes sont diffusées aux directions de santé publique et aux ministères concernés, notamment celui de la sécurité publique. Les juridictions de santé publique ontariennes ont également développé des systèmes d'alerte dont les composantes varient. La ville d'Ottawa, par exemple, dispose d'une stratégie préventive et de réponse aux événements météorologiques extrêmes impliquant plusieurs intervenants pour maximiser la capacité de protection de la population particulièrement les personnes âgées et sans-abri (Paterson et coll. 2012). En marge de ces systèmes d'alerte, la température et le degré d'humidité peuvent généralement être consultés à la télévision et sur le Web ou entendus à la radio, et ce, en tout temps.

Études populationnelles sur les comportements d'adaptation aux vagues de chaleur

Plusieurs études quantitatives et qualitatives ont documenté les mesures d'adaptation aux vagues de chaleur préconisées par la population, notamment aux États-Unis, en Australie, en Allemagne, en Angleterre et au Canada. Dans la section qui suit, les études concernant les personnes âgées de 65 ans et plus sont d'abord présentées, suivies de celles touchant la population générale.

Personnes âgées de 65 ans et plus

L'adoption de certains comportements d'adaptation en période de grande chaleur a été mesurée par plusieurs études chez les personnes âgées de 65 ans et plus. Un sondage téléphonique mené auprès de 2 500 personnes, dont 43 % de personnes de 65 ans et plus (INSPQ 2008), a montré que ces dernières utilisent moins leur climatisation la nuit lors de canicules que les autres groupes d'âge. Plusieurs stratégies d'adaptation semblent communes aux personnes qui restent dans leur domicile et celles qui privilégient l'accès à d'autres lieux lors de canicules, et ce, peu importe le type de logement habité. Près de 70 % des participants de cette étude ferment toujours ou souvent les rideaux lorsqu'il fait soleil, près du quart s'épongent fréquemment le visage et plus de la moitié prennent des douches ou des bains plus souvent qu'à l'habitude. La très grande majorité (92 %) boit toujours ou souvent de l'eau en

période de canicule. Une étude australienne, au cours de laquelle des groupes de discussion (n = 12) et des entrevues (n = 8) ont été réalisés, a montré que toutes les personnes interrogées modifiaient leurs habitudes lorsqu'il faisait chaud (ex. : pratique d'activités physiques dans des endroits climatisés, alimentation plus légère, relations sociales par téléphone plutôt qu'en personne, etc.) (Banwell et coll. 2012). Bien que tous les participants interrogés dans cette étude détenaient un appareil de climatisation qu'ils considéraient comme une stratégie majeure pour gérer les épisodes de chaleur intense, ces derniers disaient que les coûts en électricité associés à cette mesure pouvaient en limiter l'utilisation; ce résultat avait aussi été émis par Bélanger et ses collaborateurs (INSPQ 2008). L'ouverture des fenêtres et des portes pour créer des courants d'air, l'utilisation de rideaux ou d'autres méthodes pour bloquer la lumière directe de même que l'utilisation de ventilateurs de plafond faisaient aussi partie des mesures d'adaptation préconisées dans l'étude australienne.

Dans une autre étude réalisée à Détroit dans laquelle on demandait aux participants (n = 30) de noter leurs comportements en période de chaleur dans un journal de bord, les deux comportements les plus fréquemment adoptés étaient l'ouverture des fenêtres ou des portes, de même que la mise en fonction d'un ventilateur (White-Newsome et coll. 2011). Dans une étude qualitative allemande (n = 20), divers comportements ont été relatés par les répondants tels que le fait de fermer les rideaux, de porter des vêtements légers et de boire de l'eau (Bittner et Stöbel 2012). L'utilisation d'un ventilateur comme comportement d'adaptation à la chaleur était cette fois-ci marginale (2 participants sur 20). À noter que parmi les participants à cette étude, certains habitaient dans leur maison tandis que d'autres étaient hébergés dans une maison de retraite, ce qui pourrait expliquer les différences dans les mesures d'adaptation à la chaleur adoptées.

Finalement, quelques évaluations de systèmes d'alerte ont été réalisées auprès de personnes âgées de 65 ans et plus (Sheridan 2007; Abrahamson et coll. 2008; Kalkstein & Sheridan 2007; Kosatsky et coll. 2009). Selon une étude menée dans quatre villes nord-américaines, la vaste majorité de la population a indiqué avoir déjà eu connaissance d'une alerte à la chaleur (Kalkstein & Sheridan 2007). Dans cette même étude, bien que la grande majorité des personnes interrogées ait rapporté avoir eu connaissance d'une alerte, moins de 50 %

d'entre elles ont modifié leurs comportements en conséquence (Sheridan 2007). Dans une autre étude montréalaise menée chez des personnes ayant des problèmes cardiovasculaires et respiratoires qui ont eu connaissance d'alertes reliées à la chaleur (84 % des personnes sondées), 85 % ont pu nommer une recommandation diffusée par le service météo et 5 % seulement ont fait état d'une recommandation erronée (Kosatsky et coll. 2009). Les systèmes d'alerte téléphoniques automatisés ont toutefois suscité un intérêt mitigé lors de groupes de discussion menés au Québec chez des personnes de 70 ans et plus résidant dans leur domicile (INSPQ 2011). La confusion quant à l'émetteur du message (santé publique ou télémarketing) faisait partie des raisons évoquées par certains participants pour expliquer le manque d'intérêt à l'égard d'un système d'alerte selon cette étude. Questionnés sur la pertinence d'un plan d'intervention de l'État en période de chaleur, certains participants d'une étude au Royaume-Uni ont indiqué que celui-ci ne devait pas être paternaliste, intrusif ou menacer l'autonomie des personnes alors qu'un participant a évoqué que ce serait une utilisation inappropriée des ressources (Abrahamson et coll. 2008).

Population générale

Une étude populationnelle (n = 1 962) menée par sondage téléphonique dans deux villes américaines indique que lors de vagues de chaleur, la principale mesure adoptée se rapporte à la climatisation du domicile. Les autres comportements mentionnés sont l'augmentation de la consommation de liquide, le port de vêtements plus légers, la prise de bains et une modification des activités physiques (Semenza et coll. 2008). Dans une autre étude, les trois principaux comportements d'adaptation rapportés comme étant toujours adoptés pendant une vague de chaleur chez une population dont l'âge variait entre 30 et 69 ans, sont la consommation d'eau (84 %), la recherche d'ombre lorsque l'on se trouve à l'extérieur (82 %) et la consultation des prévisions météorologiques journalières (61 %) (Akompba et coll. 2013). À Montréal, chez des personnes âgées de 60 ans et plus atteintes d'une maladie chronique respiratoire ou cardiaque, 100 % des personnes interrogées adoptent au moins un comportement d'adaptation à la chaleur; 68 % restent dans des lieux climatisés et plus de 75 % réduisent leur activité physique et boivent davantage de liquides (Kosatsky et coll. 2009). Dans cette même étude, 73 %

des participants possédaient un quelconque appareil de climatisation.

Un indice d'adaptation à la chaleur

Un indice d'adaptation à la chaleur a été développé par Bélanger et ses collaborateurs (2015b) d'après des résultats obtenus chez les populations vulnérables de zones urbaines défavorisées. Ce dernier se compose de 14 mesures d'adaptation à la chaleur faciles à utiliser et efficaces au plan énergétique. Cet indice a montré que l'adaptation à la chaleur va au-delà de l'utilisation de l'air conditionné à la maison. Peu importe l'âge, les personnes qui ressentent les effets néfastes de la chaleur ont un indice d'adaptation plus élevé que celles qui disent être un peu ou pas affectées.

Facteurs qui influencent la vulnérabilité aux vagues de chaleur et mesures d'adaptation associées

La prise en compte de la vulnérabilité à la chaleur est primordiale dans l'étude des comportements d'adaptation. Les travaux de Bélanger et collaborateurs (INSPQ 2008, Bélanger et coll. 2014, Bélanger et coll. 2015) ont fait ressortir bon nombre de facteurs qui influencent cette vulnérabilité. Cette dernière dépend du degré d'exposition, de la sensibilité à la chaleur et de la capacité d'adaptation (McGregor et coll. 2007). Cette vulnérabilité pourrait être plus prononcée lors d'un cumul de divers facteurs individuels, communautaires et environnementaux décrits ci-dessous.

Facteurs individuels et communautaires

Plusieurs facteurs se rapportant à l'individu et à sa communauté ont été documentés dans la littérature comme pouvant contribuer à la vulnérabilité à la chaleur. Kovats et Hajat (2008) distinguent la vulnérabilité physique et la vulnérabilité sociale à la chaleur.

Vulnérabilité physique

En ce qui a trait à la vulnérabilité physique, les groupes les plus vulnérables identifiés sont :

- les personnes d'un certain âge : 50 ans et plus (Kovats et Hajat 2008) ou 65 ans et plus⁴ (IOM 2011). À noter que les personnes plus âgées cumulent souvent plusieurs des facteurs de vulnérabilité physique énumérés, par exemple, la prise de médicaments et une maladie chronique (Hansen et coll. 2011; Lopez et Goldoftas 2009);
- les femmes (Kovats et Hajat, 2008; Oudin Åström 2011 cités dans Zuo et coll. 2015). Bélanger et ses collaborateurs notent par ailleurs dans leur étude, une vulnérabilité uniquement chez les femmes de moins de 65 ans (2014);
- les très jeunes enfants (Boeckmanm et Rohn 2014; IOM 2011);
- les personnes qui prennent des médicaments qui affectent les mécanismes de thermorégulation (INSPQ 2012a-d; Boeckmanm et Rohn 2014);
- les personnes qui ont des maladies chroniques telles que le diabète, l'obésité (Banwell et coll. 2012), la sclérose en plaques (Summers et coll., 2012), l'hypertension, l'hypercholestérolémie, l'asthme, l'arthrite, la bronchite chronique (Bélanger et coll. 2014) ou une comorbidité (Hansen et coll. 2011; Bélanger et coll. 2014). Plus le nombre de maladies chroniques était élevé chez un individu, plus ce dernier rapportait des impacts à sa santé (Bélanger et coll. 2014);
- les personnes à mobilité réduite ou ayant perdu une certaine autonomie (Hansen et coll. 2011; INSPQ 2008) de même que les personnes en congé médical prolongé (Bélanger et coll. 2014);
- les personnes actives physiquement à l'extérieur pendant les périodes de chaleur intense, dont les travailleurs et les sportifs (Boeckmanm et Rohn 2014);
- les personnes ayant des problèmes de santé mentale (ex. : dépression) (Kovats et Hajat 2008).

Vulnérabilité sociale

D'un point de vue social, le fait d'être isolé géographiquement (Hansen et coll. 2011), de demeurer seul (Yardley et coll. 2011; INSPQ 2008), d'être sans-abri, d'avoir un faible niveau socio-économique et un faible niveau de scolarité (Kovats et Hajat 2008), d'être locataire plutôt que propriétaire (IOM 2011) et de faire partie d'une minorité socioculturelle et linguistique (Hansen et coll. 2014; McGregor et coll. 2007; Kravchenko et coll. 2013; O'Neill et coll. 2005) seraient aussi des facteurs qui augmenteraient la vulnérabilité à la chaleur. Il est à noter que les personnes de faible niveau socio-économique sont plus susceptibles d'avoir des maladies chroniques ou d'autres facteurs de risque médicaux telles que l'obésité, des problématiques de santé mentale et des logements moins favorables à la santé (Kovats et Hajat 2008; INSPQ 2008). Plusieurs facteurs socioculturels et linguistiques touchant les personnes immigrantes et les minorités culturelles peuvent constituer des barrières à l'adoption de mesures d'adaptation aux vagues de chaleur. Dans son étude, Hansen et ses collaborateurs (2014) ont colligé à l'aide d'une méthodologie qualitative (n = 36) plusieurs de ces facteurs dont en voici quelques-uns :

- pratiques culturelles (ex. : port du voile, préférence pour des mets chauds);
- pratiques à l'égard de la consommation d'eau (ex. : préférence des breuvages chauds par rapport aux breuvages froids);
- problématiques de santé particulières (ex. : déficience en vitamine D, déficiences nutritionnelles, problèmes rénaux);
- climat précédant l'immigration très différent du climat du pays d'accueil;
- absence d'appareil de climatisation dans le domicile;
- isolement (ex. : absence de réseau social, ne pas connaître ses voisins), itinérance;
- barrière de la langue;
- faible littératie;
- faible niveau socio-économique.

⁴ Dans une étude où les impacts à la santé associés à la chaleur étaient autorapportés, Bélanger et coll. (2014) en sont venus au constat contraire soit que les personnes âgées de 65 ans et plus étaient moins portées à rapporter de tels impacts que les autres groupes d'âge.

Facteurs psychologiques

L'observance des recommandations émises en période de grande chaleur est aussi reliée à certains facteurs psychologiques. Tout d'abord, le fait de se percevoir comme étant vulnérable à la chaleur (vulnérabilité/susceptibilité perçue) augmente la probabilité de suivre les recommandations (Kalkstein et Sheridan 2007). Par ailleurs, certaines études montrent que les personnes âgées ne perçoivent pas nécessairement cette vulnérabilité (Abrahamson et coll. 2008; Sheridan 2007). Selon une autre étude, le fait de ne pas reconnaître sa propre susceptibilité aux effets de la chaleur n'empêche pas de reconnaître cette susceptibilité chez d'autres personnes de l'entourage (Abrahamson et coll. 2008).

Par ailleurs, l'adaptation en période de chaleur est favorisée lorsque les comportements promus sont perçus comme étant efficaces (Lefebvre et coll. 2015). À l'inverse, l'adoption de comportements d'adaptation est moins favorisée lorsque les gens démontrent une attitude favorable à la chaleur (en anglais; *affect*) (Lefebvre et coll. 2015; Banwell et coll. 2012). Certains auteurs évoquent aussi que le « *cry wolf effect* » (en français « crier au loup ») pourrait avoir un effet sur l'observance des recommandations. Ce phénomène bien connu en santé publique peut se manifester à la suite d'une série de fausses alarmes dans le passé (Kalstein & Sheridan 2007). Ce faisant, la perception du risque à l'origine d'une alerte s'en trouve réduite de même que les comportements de protection associés (Atwood et Major 1998 cités dans Kalstein et Sheridan 2007).

Dans un autre ordre d'idées, les personnes rapportant qu'elles étaient, la majeure partie du temps, plutôt ou très stressées étaient davantage portées à rapporter des impacts à la santé associés à la chaleur (Bélanger et coll. 2014). Finalement, l'ouverture des fenêtres ou la fréquentation de lieux climatisés à l'extérieur du domicile peuvent être restreintes par la peur associée à la criminalité chez les personnes âgées (Lopez et Goldofstas 2009; INSPQ 2008). Le fait d'éviter d'aller à l'extérieur peut faire en sorte que ces personnes soient plus susceptibles de ressentir les effets d'une mauvaise QAI surtout si les domiciles sont très étanches.

Facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux décrits dans la littérature comme ayant une influence sur les comportements d'adaptation à la chaleur adoptés ou sur la vulnérabilité à la chaleur sont notamment l'accès aux ressources et aux services publics (ex. : refuges climatisés, systèmes d'alerte, soins de santé), les caractéristiques résidentielles (ex. : type de résidence, isolation du bâtiment, ventilation), le type de milieu (ex. : rural, urbain) et finalement, la situation géographique (altitude, latitude, longitude) (Yardley et coll. 2011). Parmi ces facteurs, les caractéristiques résidentielles et le type de milieu sont abordés dans cette section.

Plusieurs caractéristiques associées à la résidence peuvent contribuer à la vulnérabilité à la chaleur. Par exemple, le fait de résider dans un multilogement et d'habiter aux étages supérieurs augmente cette vulnérabilité (Kovats et Hajat 2008; Oikonomou et coll. 2012; Mavrogianni et coll. 2012). De plus, les appartements situés aux étages supérieurs où la totalité des fenêtres qui s'ouvrent se trouve sur le même côté (ce qui n'offre pas la possibilité de créer un courant d'air) ou dont le plafond n'est pas isolé ont tendance à être beaucoup plus chauds (Oikonomou et coll. 2012). Il a été observé dans une étude chez les personnes âgées que celles habitant dans des multilogements de plus de quatre étages adoptaient le plus de mesures d'adaptation à la chaleur, suivi des personnes résidant dans les maisons unifamiliales et les duplex (White-Newsome et coll. 2011). Dans une étude londonienne, l'année de construction des bâtiments soit ceux construits entre 1914-1945 représentait aussi un facteur déterminant de la température élevée dans l'habitation (Mavrogianni et coll. 2012).

Le fait de ne pas posséder d'appareil de climatisation à domicile ou de ne pas avoir accès à un endroit climatisé à l'extérieur de son domicile accentue la vulnérabilité à la chaleur (Richard et coll. 2011). Dans des quartiers défavorisés de neuf villes canadiennes, la proportion d'individus possédant un appareil de climatisation ne dépassait pas 50 % (80 % de ces appareils étant des appareils installés dans la fenêtre) (Bélanger et coll. 2015a). Certains des facteurs caractérisant la vulnérabilité sociale ont été corrélés à l'absence d'appareil de climatisation dans les domiciles tels que le fait de demeurer seul, d'être locataire, d'avoir un faible revenu et un faible niveau de scolarité (Kosatsky et coll.

2009). De plus, l'étude d'O'Neill et coll. (2005) menée dans quatre villes américaines (Chicago, Détroit, Minneapolis et Pittsburgh) a montré qu'il y avait des disparités (de l'ordre de deux fois plus) entre les personnes blanches/autres origines et les personnes noires quant à la possession d'un appareil de climatisation central. Selon les auteurs, cette disparité pourrait s'expliquer en partie par des caractéristiques socio-économiques propres à chacun des deux groupes. Dans une autre étude visant à expliquer la vulnérabilité à la chaleur, l'absence d'appareil de climatisation dans la résidence a été identifiée comme l'un des quatre variables expliquant 75 % de la variance dans la vulnérabilité à la chaleur⁵ (Reid et coll. 2009).

Quant au milieu de vie, les personnes habitant dans les quartiers urbains à forte densité de population et où l'on retrouve des îlots de chaleur sont vulnérables à la chaleur (Rosenthal 2010). Par ailleurs, résider en milieu rural peut aussi contribuer à la vulnérabilité à la chaleur, notamment chez les personnes plus âgées en raison de l'isolement, de l'accès réduit aux services de santé et d'un niveau socio-économique plus faible (Horton et coll. 2010 cités dans Hansen et coll. 2011).

En conclusion

La présente synthèse de connaissances dresse un portrait sommaire des mesures d'adaptation à la chaleur et aborde brièvement les liens qui existent entre l'adoption de ces mesures d'adaptation, le confort thermique et la QAI.

Les vagues de chaleur et les problèmes de QAI sont responsables de plusieurs décès et d'une morbidité importante chaque année dans le monde. Considérant les liens qui existent entre ces problématiques, il apparaît pertinent que les autorités de santé publique et les autres acteurs concernés travaillent de concert dans l'élaboration de leurs interventions et leurs messages de sensibilisation.

Quelques pistes de recherche complètent cette synthèse :

- Poursuivre les études sur le confort thermique, une composante importante de la QAI. Cette composante devrait faire partie intégrante des analyses réalisées dans l'habitation afin de donner un portrait global de la situation. Les études sur la thermorégulation devraient également être poursuivies (Anderson et coll. 2013).
- Cibler en priorité les stratégies d'adaptation en milieu résidentiel plutôt que dans un contexte de travail (Fisk 2015) considérant l'âge et les conditions de santé des personnes les plus vulnérables à la chaleur.
- Explorer d'autres options d'adaptation à la chaleur outre la climatisation dans une perspective de développement durable (INSPQ 2008).
- Considérer l'utilisation de l'indice d'adaptation à la chaleur développé par Bélanger et ses collaborateurs (2015b) comme outil de surveillance et d'intervention. Le suivi des comportements d'adaptation à la chaleur chez des populations ayant des caractéristiques particulières dans le cadre d'enquêtes populationnelles pourrait permettre de mieux cibler les mesures de protection à mettre en place et les campagnes de promotion.

⁵ Les autres variables étaient 1) la vulnérabilité sociale/environnementale qui inclut l'éducation, le revenu, l'origine ethnique et les espaces verts, 2) l'isolement social et 3) la proportion de personnes âgées de 65 ans et plus et les personnes diabétiques (Reid et coll. 2009).

Références

Abrahamson V, Wolf J, Lorenzoni I, Fenn B, Kovats S, Wilkinson P (2008). Perceptions of heatwave risks to health: interview-based study of older people in London and Norwich, UK. *Journal of Public Health*; 31(1):119-26.

Agence de la santé publique du Canada (2013). *Fiche d'information sur les changements climatiques et la santé publique*. Disponible : <http://www.phac-aspc.gc.ca/hp-ps/eph-esp/fs-fi-b-fra.php>, (consulté le 19 janvier 2015).

Agence française de sécurité sanitaire environnementale - AFSSE (2004). *Impacts sanitaires des installations de climatisation*. Domicile des particuliers. Habitat collectif, habitat individuel, 41 p.

Akompab DA, Bi P, Williams S, Grant J, Walker IA, Augoustinos M (2013). Heat waves and climate change: applying the health belief model to identify predictors of risk perception and adaptive behaviours in Adelaide, Australia. *Int J Environ Res Public Health*;10:2164-84.

Anderson M, Carmichael C, Murray V, Dengel A, Swainson M (2013). Defining indoor heat thresholds for health in the UK. *Perspectives in Public Health*;133 (3): 158-64.

Austin SE, Ford JD, Berrang-Ford L, Araos M, Parker S, Fleury MD (2015). Public health adaptation to climate change in Canadian jurisdictions. *Int J Environ Res Public Health*;12:623-51.

Banwell C, Dixon J, Bambrick H, Edwards F, Kjellström T (2012). Socio-cultural reflections on heat in Australia with implications for health and climate change adaptation. *Glob Health Action*;5:19277. Disponible : <http://dx.doi.org/10.3402/gha.v5i0.19277>, (consulté le 29 juillet 2015).

Bélanger D, Gosselin P, Valois P, Abdous B (2015a). Neighbourhood and dwelling characteristics associated with the self-reported adverse health effects of heat in most deprived urban areas: A cross-sectional study in 9 cities. *Health & Place*;32:8-18.

Bélanger D, Abdous B, Gosselin P, Valois P (2015b). An adaptation index to high summer heat associated with adverse health impacts in deprived neighborhoods. *Climatic Change*;132(2):279-93.

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*;11:11028-53.

Bell ML, Ebisu K, Peng RD, Dominici F (2009). Adverse health effects of particulate air pollution: modification by air conditioning. *Epidemiology*; 20:682-6.

Bittner M-I, Stöbel U (2012). Perceptions of heatwave risks to health: results of a qualitative interview study with older people and their carers in Freiburg, Germany. *GMS Psycho-Social-Medicine*;9:1-8.

Boeckmann M, Rohn I (2014). Is planned adaptation to heat reducing heat-related mortality and illness? A systematic review. *BMC Public Health*;14:1112-25.

Bustinza R, Lebel G, Gosselin P, Bélanger D, Chebana F (2013). Health impacts of the July 10 heat wave in Québec, Canada. *BMC Public Health*;13:56.

Centers for disease control and prevention – CDC (2015a). *Factors affecting indoor air quality*. Disponible : http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/sec_2.pdf, (consulté le 27 août 2015).

Centers for disease control and prevention – CDC (2015b). *Extreme heat prevention guide*. Disponible : http://emergency.cdc.gov/disasters/extremeheat/heat_guide.asp, (consulté le 29 juillet 2015).

Centre de collaboration national en santé environnementale (2010). *Climatisation mécanique*. Disponible : <http://www.ccse.ca/content/climatisation-m%C3%A9canique>, (consulté le 27 juillet 2015).

Centre national de recherches Canada et Régie du Bâtiment (2015), Code de construction du Québec, Chapitre I, Bâtiment. Disponible : http://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/publications/centre_codes/ccq_chapitre1_cnb_2005.html, (consulté le 14 septembre 2015).

Chatzidiakou L, Pathan A, Summerfield A, Mumovic D (2010). Environmental and behavioural factors affecting air conditioning use in a residential sector in sustainable environmental design in architecture: Impacts on health, edited by: P Pardalos et S Rassaia, Springer Publishers, Berlin. ISBN : 978-1-4419-0744-8 (Print) 978-1-4419-0745-5 (Online).

Dales R, Liu L, Wheeler AJ, Gilbert NL (2008). Quality of indoor residential air and health. *CMAJ*; 179(2):147-52.

Ebi KL, Schmier JK (2005). A stitch in time : improving public health early warning systems for extreme weather events. *Epidemiol Rev*;27:115-21.

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(6):497-506.

Farbotko C, Waitt G (2011). Residential air conditioning and climate change: voices of the vulnerable. *Health Promotion Journal of Australia*; 22: S13-S16.

Fisk WJ (2015). Review of some effects of climate change on indoor environmental quality and health and associated no-regrets mitigation measures. *Building and Environment*; 86:70-80.

Hansen A, Nitschke M, Saniotis A, Benson J, Tan Y, Smyth V (2014). Extreme heat and cultural and linguistic minorities in Australia: perceptions of stakeholders. *BMC Public Health*; 14 : 550. Disponible : <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/14/550>, (consulté le 17 février 2016).

Hansen A, Nitschke M, Pisaniello D, Newbury J, Kitson A (2011). Older persons and heat-susceptibility: the role of health promotion in a changing climate. *Health Promotion Journal of Australia*; 22:S17-S20.

Healy S (2008). Air-conditioning and the "homogenization" of people and built environments. *Building Research & Information*;36(4):312-22.

Ilacqua V, Dawson J, Breen M, Singer S, Berg A (2015). Effects of climate change on residential infiltration and air pollution exposure. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*. Disponible : <http://www.nature.com/jes/journal/vaop/ncurrent/full/jes201538a.html>.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Comportements d'adaptation à la chaleur dans l'habitation au Québec et en Ontario. Auteurs : Claire Laliberté, Marjolaine Dubé et Marie-Christine Gervais. Québec : INSPQ, 2016. 118 p.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). La santé des individus et des communautés (section 2.2) dans Ouranos. Vers l'adaptation : Synthèse des connaissances sur les changements climatiques. Auteurs : Pierre Gosselin, Marie-Ève Levasseur et Diane Bélanger. Québec : INSPQ, 2014. 267 p. + références.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Surveillance des impacts sanitaires des vagues de chaleur extrême au Québec - Bilan de la saison estivale 2012. Auteurs : Germain Lebel et Ray Bustinza. Québec : INSPQ, 2013. 87 p.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQa). Médicaments du système hormonal et canicules : rapport et recommandations. Auteurs : Jean-Christophe Blachère et Sylvie Perreault. Montréal : INSPQ, 2012. 165 p.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQb). Médicaments des systèmes gastro-intestinal, urinaire, musculo-squelettique, immunitaire, autres médicaments, et canicules : rapport et recommandations. Auteurs : Jean-Christophe Blachère et Sylvie Perreault. Montréal : INSPQ, 2012. 200 p.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQc). Médicaments des systèmes cardiovasculaire et rénal et canicules : rapport et recommandations. Auteurs : Jean-Christophe Blachère et Sylvie Perreault. INSPQ, 2012. 235 p.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQd). Médicaments du système nerveux central et canicules : rapport et recommandations. Auteurs : Jean-Christophe Blachère et Sylvie Perreault. Montréal : INSPQ, 2012. 171 p.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Étude de besoins sur des outils d'information destinés à la population âgée lors d'événements météorologiques extrêmes. Auteurs : Annie Frappier, André Tourigny et Andrée Sévigny. Montréal : INSPQ, 2011. 75 p.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Proposition d'indicateurs aux fins de vigie et de surveillance des troubles de la santé liés à la chaleur. Auteurs : Fassiatou O. Tairou, Diane Bélanger et Pierre Gosselin. Québec : INSPQ, 2010. 55 p.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Vagues de chaleur au Québec méridional : adaptations actuelles et suggestions d'adaptations futures. Auteurs : Diane Bélanger, Pierre Gosselin, Pierre Valois et coll. Montréal : INSPQ, 2008. 218 p.

Institute of Medicine – IOM (2011). Climate change, the indoor environment and health. Committee on the effect of climate change on indoor air quality and public health, *National Academies Press*, Washington, DC, 287 p.

- Intergovernmental Panel on Climatic Change - IPCC (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York : *Cambridge University Press*, 582 p.
- Kalstein AJ, Sheridan SC (2007). The social impacts of the heat-health watch/warning system in Phoenix, Arizona: assessing the perceived risk and response of the public. *Int J Biometeorol*;52:43-55.
- Kanchongkittiphon W, Mendell MJ, Gaffin JM, Wang G, Phipatanakul W (2015). Indoor environmental exposure and exacerbation of asthma: An update to the 2000 review by the Institute of Medicine. *Environ Health Perspect*;123(1):6-20.
- Kosatsky T, Dufresne J, Richard L, Renouf A, Giannetti N, Bourbeau J et coll. (2009). Heat awareness and response among Montreal residents with chronic cardiac and pulmonary disease. *Can J Public Health*;100(3): 237-40.
- Kovats R, Hajat S (2008). Heat stress and public health: A critical review. *Annu Rev Public Health*;29:41-55.
- Kravchenko J, Abernethy AP, Fawzy M, Lyerly HK (2013). Minimization of heatwave morbidity and mortality. *Am J Prev Med*;44(3):274-82.
- Lefebvre CA, de Bruin WB, Taylor AL, Dessai S, Kovats S, Fischhoff B (2015). Heat protection behaviors and positive affect about heat during the 2013 heat wave in the United Kingdom. *Social Science and Medicine*;128: 282-9.
- Lin L-Y, Chuang H-C, Liu I-J, Chen H-W, Chuang K-J (2013). Reducing indoor air pollution by air conditioning is associated with improvements in cardiovascular health among the general population. *Science of the Total Environment*;463-464:176-81.
- Lopez R, Goldoftas B (2009). The urban elderly in the United States: Health status and the environment. *Reviews on Environmental Health*;24(1):47-57.
- Lundgren K, Kjellstrom T (2013). Sustainability challenges from climate change and air conditioning use in urban areas. *Sustainability*;5:3116-28.
- Maller C, Strengers Y (2011). Housing, heat stress and health in a changing climate: promoting the adaptive capacity of vulnerable households, a suggested way forward. *Health Promotion International*; 26(4):492-8.
- Mavrogianni A, Wilkinson P, Davies M, Biddulph P, Oikonomou W (2012). Building characteristics as determinants of propensity to high indoor summer temperatures in London dwellings. *Building & Environment*;55:117-30.
- McGregor G, Pelling M, Wolf T, Gosling S (2007). The social impacts of heat waves. Rotherham (UK): *Environment Agency*, Contract No. : SC20061/SR6, 47 p.
- Mitchell CS, Zhang JJ, Sigsgaard T, Jantunen M, Lioy PJ, Samson R, Karol MH (2007). Current state of the science: Health effects and indoor environmental quality. *Environ Health Perspect*;115:958-64.
- MSSS (2014). *Il fait très chaud*, 2 p. Disponible : http://www.santemontreal.qc.ca/fileadmin/fichiers_portail/Chaleur_accablante/Il_fait_tres_chaud.pdf, (consulté le 29 juillet 2015).
- Nazaroff WW (2013). Exploring the consequences of climate change for indoor air quality. *Environmental Research Letters*;8(1):1-20.
- O'Neill MS, Carterb R, Kisha JK, Gronlunda CJ, White-Newsome JL, Manarollab X et coll. (2009). Preventing heat-related morbidity and mortality: New approaches in a changing climate. *Maturitas*;64(2):98-103.
- O'Neill MS, Zanobetti A, Schwartz J (2005). Disparities by race in heat-related mortality in four US cities: The role of air conditioning prevalence. *J Urban Health*; 82(2):191-7.
- Oikonomou E, Davies M, Mavrogianni A, Biddulph P, Wilkinson P, Kolokotroni M (2012). Modelling the relative importance of the urban heat island and the thermal quality of dwellings for overheating in London. *Building and Environment*;57:223-38.
- Ormandy D, Ezratty V (2012). Health and thermal comfort: From WHO guidance to housing strategies. *Energy Policy*;49:116-21.
- Paterson JA, Ford JD, Ford LB, Lesnikowski A, Berry P, Henderson J, Heymann J (2012). Adaptation to climate change in the Ontario public health sector. *BMC Public Health*;12:12 p.
- Porritt SM, Cropper PC, Shao L, Goodier CI (2012). Ranking of interventions to reduce dwelling overheating during heat waves. *Energy and Buildings*;55:16-27.
- Porritt S, Shao L, Cropper P, Goodier C (2011). Adapting dwellings for heat waves. *Sustainable Cities and Societies*;1:81-90.

- Raji B, Tenpierik MJ, van den Dobbelaer A (2015). The impact of greening systems on building energy performance: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*;4S:610-23.
- Reid CE, O'Neill MS, Gronlund CJ, Brines SJ, Brown DG, Diez-Roux AV et coll. (2009). Mapping community determinants of heat vulnerability. *Environ Health Perspect*;117:1730-6.
- Ressources naturelles Canada – RNC (2014). *Climatiser sa maison*. Disponible : <http://www.rncan.gc.ca/energie/publications/efficacite/residentiel/climatisation/6052>, (consulté le 11 septembre 2015).
- Richard L, Kosatsky T, Renouf A (2011). Correlates of hot day air-conditioning use among middle-aged and older adults with chronic heart and lung diseases: the role of health beliefs and cues to action. *Health Education Research*;26(1):77-88.
- Rogot E, Sorlie PD, Backlund E (1992). Air-conditioning and mortality in hot weather. *Am J Epidemiol*;136(1):106-16.
- Rosenthal JK (2010). Evaluating the impact of the urban heat island on public health: Spatial and social determinants of heat-related mortality in New York City. *Columbia University*, thèse, 290 p.
- Santé Canada (2011). *Vous êtes actif quand il fait chaud. Vous êtes à risque! Protégez-vous du temps très chaud*. Disponible : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/climat/heat-active_chaleur-actif/index_fra.php, (consulté le 29 juillet 2015).
- Schenck P, Ahmed AK, Bracker A, DeBernardo R (2010). Climate change, Indoor air quality and Health, University of Connecticut Health Center, Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Office of Radiation and Indoor Air, 36 p.
- Semenza JC, Wilson DJ, Parra J, Bontempo BD, Hart M, Sailor DJ, George LA (2008). Public perception and behavior change in relationship to hot weather and air pollution. *Environmental Res*;107:401-11.
- Sepannen OA, Fisk WJ (2004). Summary of human responses to ventilation. *Indoor Air*;14(S7):102-18.
- Shah N, Waide P, Phadke A (2014). *Cooling the planet: opportunities for deployment of superefficient room air conditioners*, 115 p. Disponible : <http://escholarship.org/uc/item/253583c5>, (consulté le 8 janvier 2015).
- Sheridan SC (2007). A survey of public perception and response to heat warnings across four North American cities: an evaluation of municipal effectiveness. *Int J Biometeorol*; 52:3-15.
- Sherman MH, Matson NE (2003). Technical Note AIVC 58 - Reducing indoor residential exposures to outdoor pollutants. International Energy Agency - Energy conservation in buildings and community systems programme. Disponible : http://www.aivc.org/sites/default/files/members_area/media/s/pdf/Technotes/TN58%20Outdoor%20Pollutants.pdf, (consulté le 14 septembre 2015).
- Summers MP, Simmons RD, Verikios G (2012). Keeping cool: Use of air conditioning by Australians with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis International*;12,6 p.
- Wang H-Q, Chen J-D, Zhang H (2001). Ventilation, air conditioning and the indoor air environment. *Indoor Built Environment*;10:52-7.
- White-Newsome JI, Sánchez BN, Parker EA, Dvonch T, Zhang Z, O'Neill MS (2011). Assessing heat-adaptative behaviors among older, urban-dwelling adults. *Maturitas*;70(1):85-91.
- Yardley J, Sigal RJ, Kenny GP (2011). Heat health planning: the importance of social and community factors. *Global Environmental Change*;21:670-9.
- Yu BF, Hu ZB, Liu M, Yang HL, Kong QX, Liu YH (2009). Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health. *International Journal of Refrigeration*;32:3-20.
- Zuo J, Pullen S, Palmer J, Bennetts H, Chileshe N, Ma T (2015). Impacts of heat waves and corresponding measures: a review. *Journal of Cleaner Production*;92:1-12.

Cette étude a été réalisée grâce à la participation financière du Fonds vert dans le cadre du Plan d'action sur les changements climatiques du gouvernement du Québec.

Mesures d'adaptation à la chaleur, confort thermique et qualité de l'air intérieur dans l'habitation

AUTEURES

Marie-Christine Gervais, M. Sc., conseillère scientifique
Claire Laliberté, M.A., M. Sc., conseillère scientifique
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

COLLABORATEURS

Pierre Lajoie, M.D. FRCPC, médecin-conseil
Patrick Poulin, Ph. D., conseiller scientifique
Jean-Marc Leclerc, M. Sc., conseiller scientifique
Denis Gauvin, M. Sc., conseiller scientifique
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

MISE EN PAGE

Julie Douville, agente administrative
Véronique Paquet, agente administrative
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal – 3^e trimestre 2016
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
Bibliothèque et Archives Canada
ISBN : 978-2-550-76057-3 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2016)