

**Indicateurs en lien avec les vagues
de chaleur et la santé de la population :
mise à jour**

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Indicateurs en lien avec les vagues de chaleur et la santé de la population : mise à jour

RAPPORT D'ANALYSE

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Novembre 2019

*Institut national
de santé publique*

Québec 

AUTEURS

Ray Bustinza, M. Sc., conseiller scientifique

David Demers-Bouffard, M. ATDR, M.A., conseiller scientifique
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

AVEC LA COLLABORATION DE

Pierre Gosselin, M.D., M.P.H., médecin-conseil
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

RÉVISEURS

Groupe de travail du Système de surveillance et de prévention des impacts sanitaires des évènements météorologiques extrêmes (SUPREME) de la Table de concertation nationale en santé environnementale (TCNSE), sous la direction d'Isabelle Tardif, M. Env., responsable de la coordination professionnelle, Centre intégré de santé et des services sociaux de la Montérégie-Centre.

RÉVISION

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

MISE EN PAGE

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

REMERCIEMENTS

Cette mise à jour 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.

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 – 1^{er} trimestre 2020
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-589277 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2020)

Table des matières

Liste des tableaux	III
Liste des sigles et acronymes	V
Faits saillants	1
Sommaire	3
Mise en contexte	7
1 Cadre conceptuel	9
2 Méthodologie	13
2.1 Portée.....	13
2.2 Objectifs.....	13
2.3 Sélection des publications.....	13
3 Facteurs modulant les impacts	15
3.1 Conditions météorologiques.....	15
3.1.1 La température.....	15
3.1.2 La durée de la vague.....	17
3.1.3 Le moment de la survenue de la vague.....	17
3.1.4 L'humidité.....	18
3.1.5 La pollution atmosphérique.....	18
3.1.6 La vitesse du vent et la masse d'air.....	19
3.2 Exposition à la chaleur.....	19
3.2.1 La défavorisation matérielle.....	20
3.2.2 Les îlots de chaleur intra-urbains.....	21
3.2.3 La climatisation.....	22
3.2.4 La ventilation.....	23
3.2.5 La densité de la population.....	24
3.2.6 La condition du logement.....	24
3.2.7 Le travail à l'extérieur.....	25
3.2.8 L'isolement social.....	26
3.2.9 La mobilité réduite.....	27
3.2.10 La sécurité du quartier.....	27
3.2.11 L'isolement culturel.....	27
3.3 Sensibilité à la chaleur.....	28
3.3.1 L'âge.....	29
3.3.2 Le sexe.....	30
3.3.3 La condition physique et le poids.....	30
3.3.4 La morbidité préexistante.....	31
3.3.5 La prise de certains médicaments.....	31
3.3.6 L'abus de substances.....	32
3.4 Adaptation de la santé publique à la chaleur.....	32
3.4.1 Le système d'alerte précoce.....	32
3.4.2 Le plan d'intervention.....	34
4 Impacts sur la santé	37

4.1	Le transport ambulancier	37
4.2	L'admission à l'urgence	38
4.3	L'hospitalisation	39
4.4	La mortalité	40
4.5	Les autres impacts.....	42
5	Conclusions et recommandations.....	43
5.1	Les conditions météorologiques.....	43
5.2	L'exposition à la chaleur	44
5.3	La sensibilité à la chaleur	45
5.4	L'adaptation de la santé publique à la chaleur	46
5.5	Les impacts sur la santé	47
6	Références	49

Liste des tableaux

Tableau 1	Exemples d'indicateurs associés aux vagues de chaleur et leurs liens avec les niveaux d'intervention.....	10
Tableau 2	Indicateurs des conditions météorologiques.....	44
Tableau 3	Indicateurs d'exposition à la chaleur	45
Tableau 4	Indicateurs de sensibilité à la chaleur	46
Tableau 5	Indicateurs d'adaptation de la santé publique à la chaleur	47
Tableau 6	Indicateurs d'impacts sur la santé	48

Liste des sigles et acronymes

CDC	Centers for Disease Control and Prevention
GIEC	Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
NWS	National Weather Service
OMM	Organisation météorologique mondiale
OMS	Organisation mondiale de la Santé
Ouranos	Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques
PACC	Plan d'action sur les changements climatiques
SATA	Système d'alertes téléphoniques automatisées
SMC	Service de météorologie du Canada
SUPREME	Système de surveillance et de prévention des impacts sanitaires des événements météorologiques extrêmes
TCNSE	Table de concertation nationale en santé environnementale
U.S. EPA	United States Environmental Protection Agency
USGCRP	United States Global Change Research Program

Faits saillants

- Ce rapport confirme la pertinence des indicateurs sociosanitaires et météorologiques proposés aux fins de vigie et de surveillance par l'Institut national de santé publique (INSPQ), en 2010, en lien avec les vagues de chaleur et la santé de la population.
- Tous les indicateurs de vigie et de surveillance de la chaleur actuellement utilisés dans les plans d'intervention des régions sociosanitaires, dans le Géo portail de santé publique et dans le Système de surveillance et de prévention des impacts sanitaires des événements météorologiques extrêmes (SUPREME) sont pertinents à la lumière des résultats. La plupart doivent toutefois faire l'objet d'une mise à jour régulière, notamment la défavorisation matérielle, les îlots de chaleur intra-urbains et la climatisation.
- Les messages de santé publique mériteraient d'être adaptés pour les populations concernées par certains indicateurs, notamment le travail à l'extérieur, l'isolement social, la mobilité réduite, la condition physique et le poids, la prise de certains médicaments ainsi que l'abus de substances.
- Cette mise à jour permettra aux autorités de santé publique de renforcer leur capacité en matière de prise de décision, en cas de vague de chaleur : un système d'alerte précoce de chaleur et un plan d'intervention adéquats peuvent réduire l'excès de risque de morbidité et de mortalité lié aux vagues de chaleur.
- Les résultats de cette mise à jour pourraient servir de base à une discussion sur la nécessité d'évaluer l'efficacité des plans d'intervention.

Sommaire

Depuis la dernière revue de la littérature faite par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) en 2010, de nombreuses publications scientifiques concernant les vagues de chaleur et leurs impacts sur la santé ont été publiées. Cette mise à jour de l'information scientifique concernant les indicateurs en lien avec les vagues de chaleur et la santé de la population a pour objectif :

- De vérifier la pertinence des indicateurs de vigie et de surveillance de la chaleur disponibles dans le Système de surveillance et de prévention des impacts sanitaires des événements météorologiques extrêmes (SUPREME) et sur le Géo portail de santé publique (l'outil cartographique du système SUPREME).
- De proposer l'ajout de nouveaux indicateurs de vigie ou de surveillance.
- De proposer des ajustements concernant les messages de prévention et d'adaptation.

Pertinence des indicateurs actuellement disponibles

Tous les indicateurs de vigie et de surveillance de la chaleur actuellement disponibles dans SUPREME et sur le Géo portail de santé publique sont pertinents à la lumière des résultats de cette mise à jour.

Précisions issues de la mise à jour

Les conditions météorologiques

- Les prévisions des températures annonçant des périodes de chaleur importantes de plus de trois jours devraient attirer plus particulièrement l'attention des intervenants de santé publique des régions sociosanitaires, car elles sont plus dangereuses pour la santé. À l'heure actuelle, une alerte de vague de chaleur extrême est émise lorsque les températures prévues atteignent les seuils de chaleur extrême pendant au moins trois jours. Cependant, la durée prévue de la vague ne fait pas partie de l'alerte. L'information sur la durée totale prévue de la vague pourrait être ajoutée aux alertes de chaleur extrême.
- Comme la sensibilité et l'exposition à la chaleur des populations peuvent changer dans le temps, il est important de revoir régulièrement les seuils de chaleur utilisés afin de s'assurer qu'ils permettent d'évaluer adéquatement le risque sanitaire lié à la chaleur.
- Les vagues de chaleur qui arrivent tôt dans la saison estivale devraient faire l'objet d'une attention particulière, car elles risquent de provoquer un impact plus important sur la santé.
- Il est pertinent de tenir compte de l'humidité et de la pollution atmosphérique locales dans l'évaluation des conditions météorologiques, puisqu'elles peuvent accentuer les impacts négatifs des vagues de chaleur sur la santé.

L'exposition à la chaleur

- Les indicateurs concernant la défavorisation matérielle, les îlots de chaleur, l'utilisation de climatiseurs, la densité de la population, la condition du logement et la défavorisation sociale doivent être mis à jour régulièrement puisqu'il s'agit de données qui peuvent changer dans le temps.

Le système d'alerte précoce

- Des évaluations régulières de performance du système d'alerte précoce quant à la capacité de prédiction des vagues de chaleur devraient être envisagées.

Les plans d'intervention

- Le développement d'une méthodologie adéquate pour l'évaluation de l'efficacité des plans d'intervention régionaux devrait être évalué.

Les impacts sur la santé

- L'indicateur sur les transports ambulanciers semble un très bon indicateur de vigie, car il est particulièrement sensible aux vagues de chaleur.

Adaptations suggérées, issues de la mise à jour, concernant les messages de santé publique

- Les populations travaillant à l'extérieur, vivant dans l'isolement social ou avec une mobilité réduite devraient recevoir des messages de santé publique spécifiques, car elles seraient plus exposées à la chaleur.
- Les messages de santé publique sur l'utilisation des ventilateurs lors des vagues de chaleur devraient être revus, car leur utilisation, sous certaines conditions, serait plus appropriée pour réduire l'exposition à la chaleur que ce que l'on croyait.
- Les messages de santé publique concernant la condition physique, l'obésité, la prise de certains médicaments et l'abus de substances (psychoactives) devraient être revus à la suite des études récentes qui signalent ces populations comme plus sensibles à la chaleur.
- Les personnes atteintes de diabète, d'une maladie chronique respiratoire, d'une maladie cardiovasculaire ou de troubles neurologiques sont plus sensibles à la chaleur et devraient faire l'objet de messages de santé publique spécifiques.
- Les femmes enceintes peuvent aussi être très sensibles à la chaleur. Des mesures préventives, telles que la climatisation et l'hydratation par temps chaud, devraient être envisagées dans les messages de santé publique.
- Les messages de santé publique pourraient cibler les personnes avec des pensées suicidaires, car le risque de suicide semble plus élevé durant les vagues de chaleur.

Le tableau 1 de la page suivante présente un résumé des principales recommandations concernant certains indicateurs.

Tableau 1 Résumé des précisions concernant les indicateurs

Indicateurs	Principales recommandations
Conditions météorologiques	
<ul style="list-style-type: none"> ■ La durée de la vague 	La durée totale prévue de la vague de chaleur pourrait être ajoutée aux avertissements de chaleur extrême de SUPREME.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Le moment de la survenue de la vague 	Les plans d'intervention pourraient traiter plus particulièrement des vagues de chaleur arrivant tôt dans la saison estivale.
Exposition à la chaleur	
<ul style="list-style-type: none"> ■ La ventilation 	Les messages de santé publique liés à cet indicateur pourraient être revus afin de revaloriser l'utilisation de la ventilation.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Le travail à l'extérieur ■ L'isolement social ■ La mobilité réduite 	Les messages de santé publique pourraient être revus pour prioriser ces populations.
Sensibilité à la chaleur	
<ul style="list-style-type: none"> ■ La morbidité préexistante ■ La prise de certains médicaments ■ L'abus de substances 	Les messages de santé publique pourraient être adaptés pour prioriser les personnes avec morbidité préexistante, les toxicomanes et les individus prenant certains médicaments.
Impacts sur la santé	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Les transports ambulanciers 	Cet indicateur est disponible en temps réel et pourrait être ajouté au SUPREME.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Les admissions à l'urgence 	Cet indicateur est disponible en temps réel et pourrait être ajouté au SUPREME. Les messages de santé publique doivent prioriser les personnes avec des problèmes de santé mentale, car elles semblent plus susceptibles d'être admises à l'urgence.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Les hospitalisations 	Les messages de santé devraient cibler les femmes enceintes à cause du risque de prématurité et de décollement placentaire.
<ul style="list-style-type: none"> ■ La mortalité 	Les messages de santé devraient aussi cibler les personnes avec des pensées suicidaires, car il existe un lien possible entre le risque de suicide et la chaleur.

Mise en contexte

Depuis plus de 20 ans, au Québec, la température moyenne s'est réchauffée de 1 °C et devrait augmenter de 3 à 4 °C en 2050 (Ouranos, 2015; RegionsAdapt, 2018). On s'attend ainsi à ce que des vagues de chaleur soient plus fréquentes, plus longues et plus intenses. La lutte contre les changements climatiques s'attaque à deux axes, soit la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la mise en œuvre des solutions d'adaptation des populations aux changements climatiques. Les efforts d'adaptation permettront de réduire l'impact humain des événements météorologiques (Ouranos, 2015).

En 2006, le *Guide d'intervention : chaleur accablante, volet santé publique* (Laplante et Roman, 2006) du Comité chaleur accablante de la Table de concertation nationale en santé environnementale (TCNSE) du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) a été diffusé. Ensuite, en 2010, une revue de la littérature scientifique a été réalisée par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) (Tairou, Bélanger et Gosselin, 2010) afin de proposer des indicateurs sociosanitaires et météorologiques aux fins de vigilance et de surveillance liés aux impacts de la chaleur sur la santé de la population. Finalement, toujours en 2010, l'application Web du Système de surveillance et de prévention des impacts sanitaires des événements météorologiques extrêmes (SUPREME) a été mise en place par l'INSPQ (Toutant *et al.*, 2011).

En raison du nombre important de publications scientifiques concernant les vagues de chaleur parues depuis, la TCNSE a demandé à l'INSPQ, à l'été 2018, de réaliser une mise à jour des informations scientifiques concernant les indicateurs en lien avec les vagues de chaleur et la santé de la population afin :

- De vérifier la pertinence de maintenir les indicateurs disponibles dans SUPREME et sur le Géo portail de santé publique.
- De proposer, le cas échéant, la modification ou l'ajout de nouveaux indicateurs.
- De proposer, si nécessaire, l'adaptation des messages de santé publique.

La présente mise à jour est organisée en cinq sections :

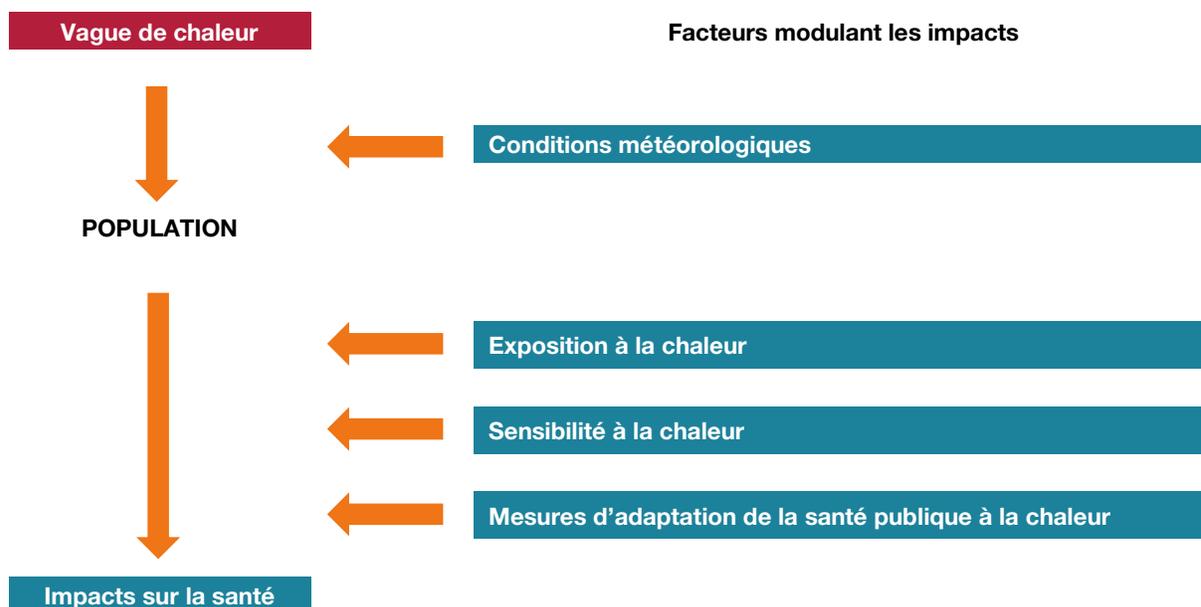
- Section 1 : Cadre conceptuel
- Section 2 : Méthodologie
- Section 3 : Facteurs modulant les impacts
- Section 4 : Impacts sur la santé
- Section 5 : Conclusions et recommandations

Au début des sections 3 et 4, un encadré présente les principaux résultats de la revue de la littérature scientifique réalisée par l'INSPQ en 2010 (Tairou, Bélanger et Gosselin, 2010).

1 Cadre conceptuel

Dans la littérature scientifique, on retrouve plusieurs facteurs pouvant moduler les impacts des vagues de chaleur sur la santé humaine. Le modèle présenté ci-dessous (voir figure 1), inspiré de celui de Kovats et Hajat (2008), illustre ces facteurs, soit : les conditions météorologiques, l'exposition à la chaleur, la sensibilité à la chaleur et les mesures d'adaptation de la santé publique à la chaleur.

Figure 1 Modèle sur les facteurs pouvant moduler les impacts des vagues de chaleur sur la santé



Adaptée de : Kovats et Hajat (2008).

Dans le cadre de cette mise à jour, les facteurs modulant les impacts représentent les éléments déterminants qui interviennent dans la relation entre les vagues de chaleur et leurs impacts sur la santé. Pour mesurer adéquatement ces facteurs, on fait appel à des indicateurs. Les indicateurs concernant les conditions météorologiques sont, par exemple, la température ou la durée de la vague de chaleur.

Il est bien connu que les impacts sur la santé ne se distribuent pas de façon égale dans la population, certaines personnes étant plus exposées, plus sensibles ou possédant moins de ressources pour y faire face (Tairou, Bélanger et Gosselin, 2010). D'abord, les indicateurs liés à l'exposition à la chaleur sont ceux associés au milieu de vie ayant un impact sur le degré d'exposition (p. ex., vivre dans des îlots de chaleur, avoir accès à la climatisation ou à des parcs). Ensuite, les indicateurs concernant la sensibilité sont ceux associés aux caractéristiques individuelles pouvant modifier la sensibilité des personnes aux vagues de chaleur, telles que l'âge ou l'état de santé. Finalement, les indicateurs qui concernent l'adaptation du système de santé publique à la chaleur sont associés à la présence, par exemple, d'un système d'alerte précoce ou d'un plan d'intervention.

Afin de mieux comprendre les impacts sur la santé liés aux vagues de chaleur, des indicateurs mesurant ces impacts sont aussi présentés. Tous ces indicateurs présentent des liens avec les niveaux d'intervention définis par le MSSS lors d'une vague de chaleur (voir tableau 1).

Tableau 1 Exemples d'indicateurs associés aux vagues de chaleur et leurs liens avec les niveaux d'intervention

Exemples d'indicateurs	Lien avec les niveaux d'intervention*
Facteurs modulant les impacts	
Conditions météorologiques (section 3.1) : <ul style="list-style-type: none"> ■ La température ■ La durée de la vague 	<p>Niveau « Normal » : l'analyse concomitante de ces indicateurs et de ceux sur les impacts sur la santé permet la détermination des caractéristiques des périodes de chaleur ayant le potentiel d'avoir un impact néfaste sur la santé.</p> <p>Niveau « Veille saisonnière » : l'accès à ces indicateurs permet le lancement d'avertissements d'une vague de chaleur. Il facilite la surveillance adéquate des données météorologiques et de mieux décider quant au passage au niveau « Alerte ».</p> <p>Niveaux « Alerte », « Mobilisation » et « Démobilisation » : l'accès à ces indicateurs permet de mieux décider quant au passage à l'un ou à l'autre des niveaux.</p>
Exposition à la chaleur (section 3.2) : <ul style="list-style-type: none"> ■ Les îlots de chaleur intra-urbains ■ Le travail à l'extérieur 	<p>Niveau « Normal » : l'accès à ces indicateurs permet de mieux cibler les <i>groupes à risque élevé</i>** lors du développement des stratégies de prévention adaptées aux populations cibles.</p>
Sensibilité à la chaleur (section 3.3) : <ul style="list-style-type: none"> ■ L'âge ■ La morbidité préexistante 	
Adaptation de la santé publique à la chaleur (section 3.4) : <ul style="list-style-type: none"> ■ Le système d'alerte précoce ■ Le plan d'intervention 	<p>Niveau « Normal » : l'adaptation de la santé publique doit permettre de mieux protéger la population lors des vagues de chaleur. La conception et les caractéristiques des mesures d'adaptation pendant ce niveau se basent à la fois sur les indicateurs concernant les facteurs météorologiques, les facteurs d'exposition, les facteurs de sensibilité, ainsi que les facteurs concernant les impacts sur la santé.</p>
Impacts sur la santé	
Impacts sur la santé (section 4) : <ul style="list-style-type: none"> ■ Les hospitalisations ■ Les décès 	<p>Niveau « Normal » : l'accès à ces indicateurs permet d'estimer les impacts des vagues de chaleur sur la santé. Ils permettent aussi de mieux évaluer les ressources nécessaires afin de répondre aux besoins de la population lors d'une vague de chaleur.</p>

* Rôle des intervenants et niveaux d'intervention (<http://www.msss.gouv.qc.ca/professionnels/sante-environnementale/chaleur-extreme/role-des-intervenants-et-niveaux-intervention/>).

** Se voir décrire comme « vulnérable » est démobilisant, car cela connote une fragilité intrinsèque, et ne favorise donc pas la mobilisation des gens à des réponses de protection. Il est plus approprié de parler de « groupes à risque élevé » (Lemyre, Beaudry et Yong, 2017).

2 Méthodologie

2.1 Portée

Cette étude couvre l'information scientifique, disponible depuis 2010, couvrant la surveillance des impacts des vagues de chaleur sur la santé au Québec. Elle devrait permettre de cibler les interventions les plus adéquates.

Des indicateurs de surveillance en lien avec la santé humaine, dont l'information scientifique est inexistante, très limitée ou n'est pas pertinente pour le Québec, ne sont pas couverts par cette mise à jour.

2.2 Objectifs

Dans le but de soutenir le mandat des intervenants de santé publique, l'objectif général de cette mise à jour est de fournir de l'information scientifique actualisée permettant aux intervenants de bonifier les mesures de protection existantes ou d'en concevoir de nouvelles. Ces mesures serviront à mieux protéger les communautés, mais aussi à gérer les ressources humaines et matérielles de façon plus efficiente.

Dans cet ordre d'idées, les objectifs spécifiques de cette mise à jour scientifique sur les vagues de chaleur sont :

1. Identifier des indicateurs concernant les facteurs suivants :
 - Les conditions météorologiques;
 - L'exposition à la chaleur;
 - La sensibilité à la chaleur;
 - L'adaptation de la santé publique à la chaleur.
2. Identifier des indicateurs concernant les impacts sur la santé humaine des vagues de chaleur.

2.3 Sélection des publications

Pour la recherche de publications, la combinaison des termes de recherche suivants a été utilisée : « exposition à la chaleur », « vague de chaleur » et « impacts sur la santé ». Dans les revues systématiques, les articles les plus appropriés pour les objectifs et les plus récents ont été favorisés. Les articles les plus intéressants ont été recensés et une revue non systématique des citations de ces articles a été conduite afin d'identifier les articles originaux ou les revues de la littérature systématiques les plus appropriés et les plus récents. Les bases de données consultées ont été : MEDLINE, Web of Science et Google Scholar, pour des articles en anglais ou en français parus depuis 2010.

3 Facteurs modulant les impacts

3.1 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques constituent les facteurs les plus importants qui modulent l'impact de la chaleur sur la santé. La mesure de ces facteurs à l'aide d'indicateurs, tels que les valeurs seuils de température ou la durée de la vague de chaleur, permet de déterminer les caractéristiques des vagues de chaleur ayant le potentiel d'avoir un impact négatif sur la santé des populations.

Ces indicateurs peuvent être utilisés lors des différents niveaux d'intervention prévus. Par exemple, durant le niveau « **Veille saisonnière** », l'accès à ces indicateurs permettra le lancement d'avertissements d'une vague de chaleur (voir tableau 1).

Parmi les indicateurs concernant les conditions météorologiques, on trouve dans cette mise à jour :

- La température (section 3.1.1);
- La durée de la vague (section 3.1.2);
- Le moment de la survenue de la vague (section 3.1.3);
- L'humidité (section 3.1.4);
- La pollution atmosphérique (section 3.1.5);
- La vitesse du vent et de la masse d'air (section 3.1.6).

3.1.1 LA TEMPÉRATURE

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Divers indicateurs sont présentés pour évaluer les conditions météorologiques concernant les vagues de chaleur, notamment la température maximale et minimale et les indices de confort.

Indicateurs proposés : la température moyenne, la température maximale et la température minimale.

Plusieurs indicateurs de température ont été utilisés pour estimer l'intensité des vagues de chaleur, comme la température maximale, la température minimale ou la température moyenne. De plus, afin de déterminer une valeur seuil de température à partir de laquelle la chaleur peut produire des effets néfastes sur la santé, deux types d'indicateurs de température peuvent être développés : les indicateurs climatiques (ou météorologiques), basés surtout sur des données climatiques, et les indicateurs biométéorologiques, qui incluent des données sanitaires dans leur composition (Gachon *et al.*, 2016).

Les indicateurs climatiques de température sont peu utilisés dans le domaine de la santé, car ils correspondent à ceux développés généralement à partir des données climatiques observées, reposant essentiellement sur des définitions génériques, sans lien avec la santé humaine (Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2013). Les définitions de vagues de chaleur, découlant des indicateurs climatiques, peuvent s'appuyer sur des valeurs seuils de température absolues ou relatives. Une définition de vague de chaleur basée sur une valeur seuil absolue est, par exemple, une température maximale supérieure à une valeur (valeur absolue) fixée arbitrairement (Casati, Yagouti et Chaumont, 2013), tandis qu'une définition basée sur une valeur seuil relative est, par exemple, celle où la température maximale doit être égale ou supérieure à un centile donné

(valeur relative) de la distribution d'une température de référence (Zacharias, Koppe et Mücke, 2014). Un exemple d'un indicateur climatique est celui du Service de météorologie du Canada (SMC), qui émet des avertissements de chaleur quand la température maximale prévue ou observée atteint certaines valeurs seuils. Ces valeurs seuils se basent sur la rareté relative du phénomène sans relation directe avec les effets potentiellement néfastes de la chaleur sur la santé et sans égard à la durée de l'évènement (Gachon *et al.*, 2016).

Les indicateurs biométéorologiques de température sont davantage utilisés dans le domaine de la santé, car ils ont été conçus pour évaluer les risques à la santé liés à la chaleur. Ces indicateurs combinent l'analyse de variables météorologiques avec celle des données sanitaires, et permettent ainsi d'étudier leur lien plus précisément que ne le font les indicateurs climatiques (Gachon *et al.*, 2016). Parmi les indicateurs biométéorologiques de température, l'indice de chaleur, utilisé par le National Weather Service aux États-Unis, combine dans une analyse par régression multiple des données de température et d'humidité relative de l'air afin de déterminer la perception de la température que ressent le corps humain (Oleson *et al.*, 2013). On peut également mentionner la température apparente, qui combine les données de température de l'air, de la pression partielle de la vapeur d'eau, de l'air et de la vitesse du vent (D'Ippoliti *et al.*, 2010).

En France, depuis 2006, le Système d'alerte canicule et santé utilise la moyenne sur trois jours des températures quotidiennes maximales et minimales comme indicateur biométéorologique (Laaidi, Ung *et al.*, 2012). Dans le but d'établir des valeurs seuils d'alertes, ces données météorologiques ont été comparées à la surmortalité journalière. Les niveaux de surmortalité ont été choisis en concertation avec les utilisateurs du système et ils ont été fixés de 50 % à 100 %. Des niveaux de surmortalité plus bas ne pouvaient pas être envisagés du fait de la variabilité trop importante de la mortalité dans les villes de taille moyenne où un seul décès pouvait représenter 20 % ou plus de la mortalité journalière, et la mortalité pouvait alors être causée par un tout autre évènement qu'une vague de chaleur. Les températures quotidiennes maximales et minimales sont les indicateurs qui se sont montrés les plus pertinents en fonction du meilleur compromis entre une bonne spécificité et une bonne sensibilité. Il faut noter qu'en Angleterre, des seuils de mortalité plus bas (p. ex. 25%) sont utilisés pour déclencher des alertes (Public Health England, 2018).

En Australie, différents indicateurs biométéorologiques ont été analysés pour comprendre le lien entre les vagues de chaleur et la mortalité, tels que la température apparente, l'indice humidex, la température du point de rosée et la température quotidienne moyenne (Vaneckova *et al.*, 2011). Cette étude a révélé que la simple température moyenne quotidienne est aussi pertinente que les indicateurs composites calculés à partir de plusieurs données. Peu importe l'indicateur utilisé, la mortalité était plus importante durant les journées chaudes par rapport aux autres journées. Une autre étude, menée dans 107 villes aux États-Unis (Barnett *et al.*, 2010), indiquait également qu'aucune mesure de température n'était meilleure que les autres pour prédire la mortalité. Les mesures incluaient la température ressentie, l'indice humidex de même que les températures minimales, moyennes et maximales avec ou sans humidité. Par ailleurs, aux États-Unis, l'intensité d'une période de chaleur est évaluée selon les données quotidiennes de température maximale et d'humidité (Gachon *et al.*, 2016).

3.1.2 LA DURÉE DE LA VAGUE

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Il existe plusieurs définitions de la durée d'une vague de chaleur, dépendamment de la région concernée, pouvant aller de quelques heures à quelques jours.

Indicateur proposé : la durée de la vague de chaleur.

En ce qui concerne la durée de la vague de chaleur comme indicateur de son intensité, il n'existe pas d'unanimité, mais, en général, la plupart des pays s'accordent sur une période minimale de deux à trois jours (Gachon *et al.*, 2016). Toutefois, la majorité des études signalent que, plus la durée de la vague est longue, plus les effets sur la santé seront néfastes (Gasparrini et Armstrong, 2011; D'Ippoliti *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2016). Cependant, la température maximale de la vague aurait un effet plus important sur la mortalité que sur sa durée, selon une méta-analyse sur le sujet (Xu *et al.*, 2016).

Pour certaines organisations, la définition de la durée reste vague. Pour le GIEC, la définition de vague de chaleur repose sur deux paramètres, la température atteinte et la durée, mais sans précision du nombre de jours (GIEC, 2013). Pour l'Organisation météorologique mondiale (OMM), une vague de chaleur dure de « quelques jours à quelques semaines » (Gachon *et al.*, 2016). Quant au National Weather Service (NWS) des États-Unis et au Heat Health Watch Service de l'Angleterre, ils considèrent qu'une vague de chaleur est une période d'au moins deux jours consécutifs de températures anormalement chaudes (Gachon *et al.*, 2016). Au Canada, l'Ontario (en 2015) et l'Alberta (en 2016) ont opté aussi pour une période de deux jours (Gachon *et al.*, 2016). Du côté de la France, la durée minimale d'une vague de chaleur est de trois jours, car le système d'alerte est basé sur les calculs des moyennes des températures sur trois jours consécutifs (Laaidi, Ung *et al.*, 2012). Enfin, en Allemagne, les vagues de chaleur sont définies comme des périodes d'au moins trois jours consécutifs avec une température moyenne quotidienne au-dessus d'un certain seuil (Zacharias *et al.*, 2014).

3.1.3 LE MOMENT DE LA SURVENUE DE LA VAGUE

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Aucune référence concernant cette variable.

Indicateur proposé : le moment de la survenue de la vague.

Deux études suggèrent que les vagues de chaleur arrivant au début de la saison estivale semblent provoquer plus d'impacts sur les décès que celles arrivant plus tard. Néanmoins, cette différence n'est pas significative (Anderson et Bell, 2011; Son *et al.*, 2012). Au Québec, une augmentation de 12 % du nombre d'hospitalisations pour cardiopathie ischémique a été observée lors des journées chaudes de 1989 à 2006, le taux étant plus élevé en début d'été chez les personnes âgées (Bayentin *et al.*, 2010).

3.1.4 L'HUMIDITÉ

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Au Canada, l'indice humidex, qui combine les valeurs de la température et de l'humidité relative, est utilisé dans certaines villes comme complément de l'information de la température pour lancer une alerte de chaleur s'il atteint une valeur de 40 ou plus.

Indicateur proposé : l'indice humidex.

L'humidité relative est souvent considérée comme une variable pouvant influencer les impacts de la chaleur sur la santé (Gachon *et al.*, 2016; Chebana *et al.*, 2013). Dans la mesure où le corps humain se refroidit par l'évaporation de la sueur, un fort taux d'humidité relative de l'air ambiant rend l'évaporation de la sueur difficile, limitant ainsi la thermorégulation (Gachon *et al.*, 2016). Si une vague de chaleur est accompagnée d'une forte humidité, la régulation de la température du corps humain est compromise et la chaleur est plus difficile à supporter par l'organisme qu'une chaleur sèche (Laaidi, Ung *et al.*, 2012). Pour cette raison, le National Weather Service des États-Unis donne de l'information sur l'humidité relative lors des émissions des avertissements de chaleur, bien que l'humidité ne fasse pas partie de la définition d'une vague de chaleur. Un article américain mentionne que, les jours où le point de rosée est plus élevé, une tendance non significative est observée quant aux risques plus élevés d'hospitalisations pour coups de chaleur (Wang *et al.*, 2016). De plus, une étude réalisée au Québec indique que l'humidité est associée aux admissions à l'urgence pour les problèmes de santé mentale chez les plus jeunes (Vida *et al.*, 2012). Enfin, une autre étude menée aux États-Unis a souligné que l'humidité s'avère un important prédicteur de mortalité (Barreca, 2012).

3.1.5 LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

La prise en compte de l'effet de la pollution atmosphérique sur la mortalité lors de fortes chaleurs s'avère controversée, mais l'intégration de certains polluants aux systèmes de veille et de surveillance des effets sanitaires attribués à la chaleur reste pertinente.

Indicateur proposé : aucun.

La pollution atmosphérique accompagne souvent les vagues de chaleur à cause des conditions concomitantes, telles que l'ensoleillement, la température élevée, le peu de vent ou la stabilité des couches inférieures de l'atmosphère, qui favorisent la concentration de certains polluants près de la surface, comme l'ozone et les particules fines (Gachon *et al.*, 2016). La présence de cette concentration de polluants lors des vagues de chaleur peut contribuer à l'excès de mortalité associé (Benmarhnia *et al.*, 2017; Kosatsky, 2005), mais une autre étude récente affirme qu'elle ne modifie pas le risque de mortalité (Wang *et al.*, 2016). Dans d'autres études, l'effet de la chaleur sur la santé persiste même lorsqu'on contrôle les concentrations de polluants atmosphériques (Cheng *et al.*, 2008). L'effet lié à la chaleur elle-même semble davantage important que celui lié à la pollution, qui serait au maximum de 5 % seulement selon certaines études (Cassadou *et al.*, 2004; Vaneckova *et al.*, 2011). Toutefois, une étude récente signale que l'augmentation de la mortalité durant des épisodes de vagues de chaleur est de 54 % et de 36 % chez les personnes de 75 à 84 ans lors des journées avec des concentrations élevées d'ozone et de PM₁₀, respectivement, comparativement aux journées avec des concentrations basses (Analitis *et al.*, 2014).

3.1.6 LA VITESSE DU VENT ET LA MASSE D'AIR

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Parmi les divers indicateurs environnementaux qui devraient être considérés pour évaluer le stress thermique se trouve la vitesse du vent, car les échanges de chaleur augmentent avec l'augmentation de la vitesse du vent. En ce qui a trait aux masses d'air, les auteurs estiment que peu d'études montrent un lien clair avec les données sanitaires.

Indicateurs proposés : la vitesse du vent et les masses d'air synoptiques.

Dans cette mise à jour, aucune référence concernant la vitesse du vent n'a été repérée. En 2010, une étude à Chicago indiquait que plus les masses d'air persistent, plus la mortalité liée à la vague de chaleur devient importante (Hayhoe *et al.*, 2010). Des études plus récentes n'ont pas été trouvées.

3.2 Exposition à la chaleur

Les indicateurs présentés dans cette section sont ceux ayant le potentiel d'exacerber ou d'atténuer le degré d'exposition du corps humain lors des vagues de chaleur.

Une meilleure connaissance de ces indicateurs permettrait de mieux cibler certaines populations lors du développement de stratégies de prévention ou de mesures d'atténuation. De cette façon, la considération de ces variables contribue à mieux estimer et cibler les besoins en matière d'outils de sensibilisation et de communication et en ressource durant le niveau d'intervention « **Normal** ».

Les indicateurs traités dans cette section et ayant une influence sur le degré d'exposition aux vagues de chaleur incluent :

- La défavorisation matérielle (section 3.2.1);
- Les îlots de chaleur intra-urbains (section 3.2.2);
- La climatisation (section 3.2.3);
- La ventilation (section 3.2.4);
- La densité de la population (section 3.2.5);
- La condition du logement (section 3.2.6);
- Le travail à l'extérieur (section 3.2.7);
- L'isolement social (section 3.2.8);
- La mobilité réduite (section 3.2.9);
- La sécurité du quartier (section 3.2.10);
- L'isolement culturel (section 3.2.11).

3.2.1 LA DÉFAVORISATION MATÉRIELLE

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Les personnes défavorisées semblent constituer l'un des principaux groupes à haut risque lors d'une vague de chaleur.

Indicateurs proposés : l'indice de défavorisation matérielle, la population vivant sous le seuil de la pauvreté, le revenu personnel par habitant, la population en situation d'insécurité alimentaire, la proportion de la population de 25 ans et plus selon le plus haut niveau de scolarité et le statut socioprofessionnel.

Cet indicateur est souvent corrélé avec d'autres indicateurs d'exposition tels que le fait de vivre dans des îlots de chaleur, dans des endroits avec une forte densité populationnelle ou dans des logements mal adaptés, avoir un accès limité à la climatisation, etc.

Un rapport européen récent signale que certaines régions sont davantage exposées à des températures élevées en raison des revenus et des niveaux d'éducation plus faibles ainsi que des taux de chômage plus élevés, ce qui peut entraîner des conséquences négatives sur la santé (Agence européenne pour l'environnement [AEE], 2019). Aux États-Unis, de 2001 à 2010, l'augmentation des hospitalisations liées à la chaleur s'avère également plus importante pour les personnes dans le quintile de revenu inférieur (Schmeltz *et al.*, 2015). À Vancouver, les quartiers avec plus de 20 % d'habitants sous le seuil de la pauvreté affichent quant à eux un taux de mortalité 23 % supérieur aux quartiers avec moins de 20 % d'habitants lors d'une vague de chaleur en 2009, en comparaison avec les années 2001 à 2008 (Kosatsky *et al.*, 2012). De 2006 à 2010, les personnes âgées du Québec méridional affichant un niveau de défavorisation matérielle élevé présentaient un risque 2,1 et 1,7 fois plus élevé de se présenter à l'urgence et de subir un effet délétère associé à la chaleur lors de journées estivales chaudes, comparativement aux personnes âgées plus favorisées (Laverdière *et al.*, 2016). Enfin, à Montréal, la mortalité attribuable à la chaleur est plus grande dans les logements avec une faible valeur se situant dans des îlots de chaleur intra-urbains, la faible valeur d'un logement étant généralement associée à un plus faible revenu du ménage (Smargiassi *et al.*, 2009).

De plus, un sondage a permis de révéler que les Québécois dans le quintile de revenu inférieur sont 20 % plus susceptibles que ceux dans le quintile de revenu supérieur de consulter un médecin en période de chaleurs extrêmes du fait qu'elles en subissent davantage les conséquences sanitaires (Bélangier *et al.*, 2014). Finalement, les régions du Québec affichant un niveau de défavorisation matérielle et sociale élevé ont un taux d'hospitalisation pour cardiopathie ischémique supérieur aux régions plus favorisées lors des chaleurs extrêmes survenues de 1989 à 2006 (Bayentin *et al.*, 2010).

Cependant, une méta-analyse démontre que le risque de décès lié à la chaleur n'est pas significativement différent entre les personnes habitant dans des régions considérées comme défavorisées ou favorisées (Benmarhnia *et al.*, 2015). Au Québec, pour les vagues de chaleur de 2010 et de 2011, aucune différence significative sur le plan statistique n'a été observée entre le risque de décès dans les aires de diffusion défavorisées et très défavorisées (sur le plan matériel) et celui des autres aires de diffusion (Lebel *et al.*, 2015).

3.2.2 LES ÎLOTS DE CHALEUR INTRA-URBAINS

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Les îlots de chaleur peuvent influencer sur la santé des individus, qu'ils vivent à domicile ou en établissement de soins.

Indicateur proposé : les îlots de chaleur.

Un îlot de chaleur intra-urbain est une zone précise à l'intérieur d'un milieu urbain où la température de surface est plus élevée, parfois de plusieurs degrés. Dans les îlots de chaleur, ce sont les nuits qui sont surtout plus chaudes. Cela est causé par l'emménagement de la chaleur par certains matériaux de surface (comme le béton) pendant le jour, et la restitution à l'air de cette chaleur pendant la nuit (Gachon *et al.*, 2016; Bélanger *et al.*, 2019). La température de surface est positivement corrélée avec la température intérieure des bâtiments (Gachon *et al.*, 2016) et représente bien l'exposition à la chaleur des personnes vivant dans les bâtiments. En fait, il a été signalé que la température intérieure peut atteindre des niveaux 50 % supérieurs à ceux de la température extérieure (Lundgren-Kownacki *et al.*, 2019). Il est aussi important de noter que l'élévation des températures de surface est plus importante si la période de chaleur survient après plusieurs jours sans précipitations (Martin *et al.*, 2014). En outre, les îlots de chaleur sont significativement influencés par la couverture de la canopée, car elle réduit la radiation solaire du sol et limite ainsi l'emménagement de la chaleur (Graham *et al.*, 2016).

Du point de vue de la santé publique, les îlots de chaleur peuvent exacerber les impacts des vagues de chaleur sur la santé (Doussset *et al.*, 2011). À Berlin, durant les vagues de chaleur les plus sévères, les taux de mortalité les plus élevés ont été repérés dans les districts les plus denses en bâtiments (Gabriel et Endlicher, 2011). À Paris, durant la vague de chaleur d'août 2003, le risque de décès a augmenté de 124 % chez les personnes de 65 ans et plus lorsque la température minimale de surface augmentait de 0,51 °C (Laaidi, Zeghnoun *et al.*, 2012). À Toronto, une autre étude souligne une corrélation positive entre le nombre d'appels ambulanciers liés à la chaleur et le pourcentage de la couverture dure de la surface (chaussés et autres surfaces pavées) (Graham *et al.*, 2016). Cette étude suggère que le passage de la couverture canopée d'une région ayant une couverture inférieure à 5 % à une couverture de plus de 5 % peut réduire le nombre d'appels ambulanciers de 80 %.

Au Québec, une étude révèle que les aînés habitant dans un îlot de chaleur, en plus d'autres indicateurs de risque (faible revenu, maladies préexistantes, vivre seul, etc.), ont 8 fois plus de chances de se présenter à l'urgence et 7 fois plus de chances de décéder ou d'être hospitalisés lors de chaleurs extrêmes en comparaison aux aînés avec aucun ou un seul indicateur de risque (Laverdière *et al.*, 2016). À Montréal, il a été indiqué que le risque de décès dans les îlots de chaleur pendant une vague de chaleur est plus important que dans les zones avec une température de surface inférieure (Smargiassi *et al.*, 2009).

La cartographie des populations à risque permet une bonne compréhension des principaux risques sanitaires que représente le changement climatique, ainsi que l'identification des groupes de populations à risque dans un pays ou une région (OMS, 2015a). Les connaissances des collectivités sur les risques et les groupes à risque demeurent essentielles pour identifier les besoins réels de la communauté et y répondre (OMS, 2015a). La cartographie des îlots de chaleur intra-urbains, comme indicateur de surveillance, peut aider à mieux comprendre les risques associés aux vagues de chaleur et à mieux anticiper et gérer leurs impacts sur la santé, contribuant de ce fait au développement de stratégies d'adaptation plus ciblées (Doussset *et al.*, 2011). Cependant, il faut considérer que les cartographies des îlots de chaleur fournissent une information statique des zones

sous l'influence de phénomènes dynamiques (paramètres météorologiques et anthropiques) et qui nécessitent, par conséquent, des mises à jour régulièrement.

3.2.3 LA CLIMATISATION

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

L'utilisation de la climatisation lors de vagues de chaleur semble une mesure salubre pour les personnes ayant peu ou n'ayant pas la capacité de s'adapter au stress thermique.

Indicateurs proposés : la climatisation à domicile, le type de climatiseur, le nombre de climatiseurs individuels, le type de climatiseur individuel utilisé le plus souvent, la capacité de refroidissement du climatiseur, l'âge du climatiseur, la consommation d'énergie du climatiseur et la climatisation en établissements de soins.

La climatisation semble être un bon moyen de réduire l'exposition à la chaleur intérieure lors des vagues de chaleur (Ostro *et al.*, 2010). Dans les immeubles sans climatisation, la température intérieure peut atteindre des niveaux 50 % supérieurs à ceux de la température extérieure (Lundgren-Kownacki *et al.*, 2019). Par ailleurs, une étude réalisée dans 211 villes américaines signale que le risque de décès lié à la chaleur est modulé par la température et par l'utilisation de climatiseurs (Nordio *et al.*, 2015). Une étude effectuée dans 1 916 comtés américains démontre également que le risque d'hospitalisation pour coup de chaleur pendant une vague de chaleur est moindre dans les comtés avec une prévalence plus élevée de climatisation centrale (Wang *et al.*, 2016). Cependant, deux autres études indiquent que les effets reliés à la chaleur ne sont pas associés à la climatisation du logement (Bobb *et al.*, 2014; Alberini *et al.*, 2011).

Aux États-Unis, plus de 80 % des ménages possèdent un climatiseur (OMS, 2018). Au Québec, en 2015, la proportion des ménages disposant de l'un des différents types de climatiseurs est de 53 %, et celle ayant des climatiseurs centraux est de 23 % (Statistique Canada, 2019). Ainsi, les espaces climatisés des maisons, des bureaux et des immeubles publics offrent un environnement frais et réduisent l'exposition des personnes aux températures élevées (OMS, 2018). Une étude québécoise (Bélangier *et al.*, 2008), citée dans le rapport de l'INSPQ de 2010 (Tairou, Bélangier et Gosselin, 2010), signale que, lors des vagues de chaleur au Québec, les lieux de fréquentation les plus populaires pour les personnes habitant des immeubles à logements pour se rafraîchir sont les centres commerciaux, les cinémas, les parcs urbains, les piscines municipales, les plages ou les berges du fleuve. Par ailleurs, une étude menée dans neuf villes québécoises suggère que les gens ressentant plus de symptômes lors de fortes chaleurs installent plus souvent la climatisation (Bélangier *et al.*, 2015).

Cependant, le recours aux climatiseurs est aussi associé à certains désavantages : l'augmentation de la consommation d'énergie qui peut contribuer à l'augmentation des gaz à effet de serre (selon la source d'énergie employée) et la nécessité de maintenir adéquatement les appareils afin d'éviter une mauvaise qualité de l'air intérieur (OMS, 2018; Lundgren-Kownacki *et al.*, 2018). La climatisation intérieure sensibilise davantage les individus aux chaleurs extérieures à cause du contraste de température. Certains problèmes de santé, tels que l'aggravation de l'arthrite et des problèmes cutanés, l'apparition de pneumopathie ainsi que la prolifération de bactéries nuisibles, ont été associés à l'utilisation de la climatisation (Khan *et al.*, 2018).

Une utilisation généralisée de la climatisation peut également accroître la température ambiante à cause de la demande accrue en électricité et de l'évacuation de l'air chaud à l'extérieur. Des simulations à Paris et à Houston montrent qu'une généralisation de la climatisation pourrait mener à

une augmentation de la température extérieure de 2 °C dans les milieux urbains denses (de Munck *et al.*, 2013; Salamanca *et al.*, 2011). Il faut ajouter que la climatisation n'est pas toujours une option viable pour les personnes à faible revenu, une climatisation soutenue du logement pouvant augmenter de façon importante la facture d'électricité (Ng *et al.*, 2015), sans mentionner les coûts d'achat.

D'un autre côté, plusieurs autres mesures individuelles, plus durables et moins coûteuses, peuvent être prises afin de réduire la chaleur intérieure : l'utilisation de dispositifs d'ombrage (volts, stores, rideaux ou végétation), ou l'utilisation de ventilateurs (Lundgren-Kownacki *et al.*, 2018, 2019).

Finalement, un indicateur sur la climatisation, développé par Hydro-Québec, permet de classer les aires de diffusion du Québec selon leur pourcentage de logements climatisés. Cet indicateur est estimé à partir de l'analyse de données des profils journaliers de consommation d'électricité.

3.2.4 LA VENTILATION

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Il existe le risque d'augmenter le stress thermique avec l'usage d'un ventilateur dans un environnement chaud.

Indicateur proposé : aucun.

Dans un environnement intérieur, lorsque la température de l'air dépasse la température de la peau (environ 35 °C), une partie de cet écart de chaleur est transmise au corps par convection (Jay *et al.*, 2015). Étant donné que la convection de la chaleur s'accroît avec l'augmentation de la vitesse de l'air, la transmission de la chaleur vers le corps pourrait augmenter lorsqu'on utilise un ventilateur (Ravanelli et Jay, 2016; OMS, 2011; U.S. EPA, 2014). Cependant, le corps humain a la capacité d'expulser la chaleur et de réduire sa température au moyen de l'évaporation provoquée par la transpiration, et cela même avec des températures de l'air supérieures à 35 °C (Ravanelli et Jay, 2016). De plus, l'évaporation est favorisée grandement lorsque la vitesse de l'air augmente. Toutefois, l'évaporation est aussi très dépendante de l'humidité, ce qui signifie que l'utilisation d'un ventilateur ne pourrait pas prévenir l'élévation de la température du corps lorsque l'humidité est importante (Ravanelli *et al.*, 2015; Ravanelli et Jay, 2016).

Des études récentes chez de jeunes adultes indiquent que l'utilisation de ventilateurs avec des températures intérieures de 36 °C et de 42 °C, à différents niveaux d'humidité, retarde l'élévation de la température du corps (Ravanelli *et al.*, 2015, 2017; Ravanelli et Jay, 2016). Par contre, une autre étude, menée cette fois chez des personnes âgées (âge moyen : 68 ans), montre que l'utilisation de ventilateurs avec une température de 42 °C et des humidités variables augmente plutôt la température du corps (Gagnon *et al.*, 2016). Dans une des études chez les jeunes adultes, l'utilisation des ventilateurs augmentait la transpiration (Ravanelli *et al.*, 2015). À l'inverse, l'étude chez les personnes âgées (Gagnon *et al.*, 2016) révèle que la transpiration n'augmentait pas, ce qui pourrait limiter l'efficacité des ventilateurs. Cela est dû au fait que les mécanismes physiologiques de réponse à la chaleur sont dysfonctionnels chez les personnes âgées (Kenney *et al.*, 2014). Néanmoins, la température intérieure utilisée (42 °C) dans l'étude chez les personnes âgées (Gagnon *et al.*, 2016) est rarement éprouvée lors d'une vague de chaleur; il s'avère donc impossible d'écarter la possibilité que l'utilisation des ventilateurs soit aussi bénéfique chez les personnes âgées lors de températures moins chaudes (Gagnon et Crandall, 2017).

Dans le rapport de l'INSPQ (Tairou, Bélanger et Gosselin, 2010), l'étude repérée (Kilbourne, 2002) indiquait que le risque de stress thermique augmentait avec l'usage d'un ventilateur dans un environnement chaud. Cependant, le fait que des études récentes montrent que l'utilisation de ventilateurs peut réduire le risque sur la santé lors des fortes chaleurs, au moins chez les adultes jeunes, peut permettre aux autorités de santé publique d'établir des guides sur l'utilisation de ventilateurs basés sur des données probantes. Ceci est important étant donné que les ventilateurs électriques demeurent une solution simple, moins coûteuse, moins énergivore, et donc plus accessible que les climatiseurs (Gagnon et Crandall, 2017; Ravanelli *et al.*, 2017).

3.2.5 LA DENSITÉ DE LA POPULATION

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

La densité de la population est une caractéristique de la « vivabilité » de l'environnement habité.

Indicateurs proposés : la densité de la population.

Une étude menée à Vancouver lors d'une vague de chaleur en 2009 montre que le rapport de taux de décès dans les zones administratives avec une densité de 1 000 personnes par km² ou plus est significativement plus élevé (43 %) que dans les zones moins denses (Kosatsky *et al.*, 2012). À l'opposé, des auteurs estiment que les appels d'urgence par personne ayant pour cause la chaleur diminuent en fonction de la densité de logements, un indicateur de la densité de population, dans les villes de Philadelphie et de Phoenix (Uejio *et al.*, 2011). Une étude conduite dans l'État du Massachusetts a confirmé quant à elle que le risque de mortalité associée à la chaleur n'est pas lié à la densité de population dans les milieux urbains (Hattis *et al.*, 2012). De plus, les villes plus étalées, donc moins denses, favoriseraient également l'apparition de vagues de chaleur par l'augmentation des surfaces minéralisées. Par exemple, une étude réalisée aux États-Unis conclut que les villes avec une densité de population moins élevée ont été affectées par une hausse plus importante du nombre de vagues de chaleur subies (Stone *et al.*, 2010). En outre, il est aussi possible que cet indicateur soit corrélé avec les îlots de chaleur, le niveau de climatisation, la défavorisation ou la condition du logement.

3.2.6 LA CONDITION DU LOGEMENT

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Les caractéristiques du logement peuvent influencer la survie des individus lors des canicules.

Indicateurs proposés : l'année de construction du logement, la nécessité de réparer le logement, le fait d'être propriétaire ou locataire, le nombre de chambres à coucher, le nombre de personnes par pièce, la satisfaction à l'égard du logement et la superficie du logement.

En comparant les périodes avec vagues de chaleur et les périodes sans vagues de chaleur, une étude effectuée dans 109 villes américaines révèle que l'augmentation du pourcentage d'hospitalisations chez les personnes de 65 ans et plus pour maladies associées à la chaleur est significativement plus importante (15 %) dans les endroits avec un pourcentage élevé de maisons construites avant 1940 que l'augmentation dans les endroits avec un pourcentage moins élevé (9 %) (Gronlund *et al.*, 2016). Les auteurs signalent aussi que l'indicateur sur l'âge du logement peut être corrélé avec celui du climatiseur, étant donné qu'il est probable que la présence de climatiseurs soit plus importante dans les maisons construites après 1940. Une autre étude souligne que le risque de mortalité lors de la vague de chaleur qui a frappé Paris en 2003 diminuait en fonction de la qualité de

l'isolation du logement et du nombre de pièces, alors qu'il augmentait en fonction de la hauteur de l'étage habité et de la superficie fenêtrée (Roaf *et al.*, 2009).

3.2.7 LE TRAVAIL À L'EXTÉRIEUR

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

La chaleur est associée à la surmortalité chez les travailleurs manuels comme les agriculteurs, mais cette relation reste délicate à interpréter.

Indicateur proposé : aucun.

La plupart des « maladies liées à la chaleur »¹ (*heat-related illnesses*) des travailleurs œuvrant à l'extérieur est associée à une exposition plus importante à la chaleur dans des chantiers de construction, des champs agricoles et des chantiers industriels, où une intense activité (entraînant une augmentation de la température interne du corps) est requise (Bethel et Harger, 2014; Dutta *et al.*, 2015; Lundgren *et al.*, 2013; Nag *et al.*, 2007). Bien que les travailleurs des mines à ciel ouvert ne semblent pas courir plus de risques liés à la chaleur que les travailleurs d'autres secteurs œuvrant à l'extérieur, les travailleurs des mines souterraines, eux, sont plus exposés à la chaleur (Xiang *et al.*, 2014a). Il en est de même pour les travailleurs des forces armées et les pompiers, identifiés comme des groupes les plus exposés à la chaleur (Xiang *et al.*, 2014a).

Une revue descriptive récente suggère que le stress dû à la chaleur sur le lieu de travail, associé à une déshydratation chronique (provoquée par un accès limité à l'eau propre), peut contribuer au développement de maladies chroniques rénales et finalement à l'insuffisance rénale (Nerbass *et al.*, 2017).

Outre les impacts directs de la chaleur sur la santé des travailleurs, une revue de la littérature récente met en évidence un lien imprécis, mais positif, entre la température à l'extérieur et des lésions professionnelles, où les mécanismes les plus probablement impliqués comprennent la fatigue, la réduction de la performance psychomotrice, la perte de concentration et la réduction de l'état de vigilance provoquées par la chaleur (Varghese *et al.*, 2018). Parmi les indicateurs qui augmentent le risque d'impact de la chaleur sur la santé des travailleurs agricoles, on trouve : le salaire à la pièce et le salaire à l'heure (ce qui peut inciter à prendre moins de périodes de repos), une distance de plus de trois minutes de marche pour aller aux toilettes (Spector *et al.*, 2015), les travailleurs de sexe masculin (Varghese *et al.*, 2018) et les jeunes travailleurs (Spector *et al.*, 2014; Varghese *et al.*, 2018).

En Ontario, de 2004 à 2010, chaque degré au-dessus de 22 °C a augmenté de 75 % le nombre médian d'admissions à l'urgence pour des malaises et des maladies liées à la chaleur découlant du travail (Fortune *et al.*, 2014). Au Québec, Adam-Poupart *et al.* (2015) rapportent que les indemnités quotidiennes pour des accidents chez les travailleurs du secteur de la foresterie augmentent de 1,1 % par chaque élévation de 1 °C de la température maximale quotidienne. Cependant, ils n'ont pas trouvé d'associations significatives pour les indemnités des travailleurs des secteurs de l'agriculture ou de la construction. Concernant les indemnités de tous les secteurs confondus, les auteurs ont établi des associations significatives chez les travailleurs les plus jeunes, ceux de 15 à 24 ans (0,8 %) et de 25 à 44 ans (0,3 %), ainsi que chez les hommes (0,3 %). Une autre étude réalisée au Québec indique que chaque hausse d'un degré au-delà de la température optimale accroît de 42 % le nombre d'indemnités pour des malaises ou des

¹ Les maladies liées à la chaleur couvrent des symptômes et des affections dont la sévérité peut varier de relativement bénigne à mortelle. La déshydratation, les crampes de chaleur, la fatigue, l'épuisement, le coup de chaleur ou le choc thermique en sont quelques exemples (Varghese *et al.*, 2018).

maladies associées à la chaleur (Adam-Poupart *et al.*, 2014). L'effet de la hausse de la température maximum sur les indemnités à une journée donnée était ressenti jusqu'à trois jours après l'évènement.

Plus spécifiquement, pour ce qui est des vagues de chaleur, une étude australienne rapporte que les demandes d'indemnisation pour des lésions des travailleurs œuvrant à l'extérieur ont augmenté significativement de 6 % lors des vagues de chaleur (Xiang *et al.*, 2014b). Dans les secteurs de l'agriculture, la foresterie et la pêche de même que de l'électricité, du gaz et de l'eau, les hommes et les personnes de 55 ans et plus présentent aussi des augmentations significatives des indemnités (de 39 à 76 %) lors de vagues de chaleur (Xiang *et al.*, 2014b). Toujours en Australie, une autre étude montre que, pendant les vagues de chaleur, les travailleurs de la construction du sous-secteur du génie civil, les plus âgées et ceux travaillant dans de petites compagnies sont plus à risque de subir des lésions sévères (selon les demandes d'indemnisation) que pendant les périodes de comparaison (Rameezdeen et Elmualim, 2017). Cependant, le nombre d'accidents signalé, tous secteurs confondus, pendant les vagues de chaleur est inférieur à celui des périodes de comparaison (Rameezdeen et Elmualim, 2017), ce qui suggère que des mesures de contrôle pour prévenir les accidents (p. ex., arrêt des travaux) sont probablement appliquées dans les chantiers de construction lorsque les températures atteignent un certain seuil (Xiang *et al.*, 2014).

Parmi les mesures d'adaptation pouvant réduire l'exposition à la chaleur des travailleurs œuvrant à l'extérieur, il est signalé que le travail pourrait être planifié, si possible, pendant les périodes plus fraîches de la journée ou pendant les saisons moins chaudes (Lundgren *et al.*, 2013). Également, étant donné la piètre connaissance des travailleurs concernant les risques associés à l'exposition à la chaleur (Bethel et Harger, 2014), une mesure d'adaptation appropriée serait d'informer ces travailleurs quant aux effets de la chaleur sur leur santé, de façon à ce qu'ils puissent les reconnaître et sachent comment les prévenir (Jakson et Rosenberg, 2010). En même temps, les employeurs et les superviseurs doivent avoir une bonne connaissance des impacts sur la santé liés à la chaleur afin de concevoir et d'implanter des mesures de prévention adaptées aux conditions locales (Jakson et Rosenberg, 2010). Toutes ces mesures pour réduire l'exposition à la chaleur des travailleurs peuvent prévenir les impacts sur la santé associés (Xiang *et al.*, 2014; McInnes *et al.*, 2017).

3.2.8 L'ISOLEMENT SOCIAL

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

La littérature scientifique concernant la surmortalité lors des vagues de chaleur chez les personnes vivant seules ou selon l'état matrimonial montre des résultats non concluants.

Indicateurs proposés : l'indice de défavorisation sociale, le nombre de personnes dans le ménage, la population n'ayant pas un niveau élevé de soutien social, le soutien social (disponible et utilisé), la participation aux activités sociales et l'état matrimonial.

L'isolement social serait un indicateur de la difficulté à prendre des mesures pour se protéger de la chaleur. L'isolement social peut englober plusieurs concepts : être célibataire ou vivre seul, avoir des contacts (en personne, par téléphone ou par écrit) limités avec ses enfants (moins d'une fois par mois), sa famille ou ses amis, et ne pas participer à des organisations sociales telles que des clubs ou des groupes religieux (Smith *et al.*, 2018). À Rome, en Italie, une étude révèle que le pourcentage d'augmentation des décès toutes causes des personnes de 75 ans et plus, pendant l'été 2015 en comparaison avec celui de 2014, est significativement moins élevé (49 % et 97 %, respectivement) dans les villes où un programme d'intervention sociale visant à améliorer l'appui social des personnes isolées ou malades a été implanté (Liotta *et al.*, 2018). Une autre étude indique que les

personnes seules appellent plus à l'urgence lors des vagues de chaleur (Uejio *et al.*, 2011). Finalement, une étude réalisée en Angleterre a conclu que les personnes avec des troubles psychotiques ou de la démence ont un risque plus élevé de décéder à des températures au-delà du 93^e centile de la distribution annuelle des températures, ce qui pourrait être attribuable à leur isolement social et à leur incapacité à prendre des mesures d'adaptation face à l'exposition à la chaleur (Page *et al.*, 2012).

3.2.9 LA MOBILITÉ RÉDUITE

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

La variable mobilité réduite peut modifier le lien entre l'exposition à la chaleur et les impacts sur la santé.

Indicateurs proposés : la population ayant des problèmes de santé fonctionnels.

Deux études menées en Australie et au Canada montrent une augmentation significative du risque d'impacts sur la santé chez les personnes âgées avec mobilité réduite lors des vagues de chaleur (Nitschke *et al.*, 2013; Kenny *et al.*, 2010). De 2006 à 2010, il a été estimé que les personnes âgées avec une incapacité physique importante et habitant le sud du Québec avaient un risque 2,5 fois plus élevé d'être admises à l'urgence et 2,7 fois plus élevé de subir physiquement les contrecoups de la chaleur (Laverdière *et al.*, 2016). Il faut considérer que la mobilité réduite peut être corrélée avec l'isolement social.

3.2.10 LA SÉCURITÉ DU QUARTIER

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

La criminalité ou la perception de la criminalité dans un quartier inciteraient certains résidents à garder les portes et fenêtres de leur logement fermées au lieu de les ouvrir pour le rafraîchir ou encore à demeurer à l'intérieur plutôt que sortir se rafraîchir, s'exposant ainsi plus à la chaleur d'une vague de chaleur.

Indicateurs proposés : les crimes contre la personne et la satisfaction à l'égard du quartier.

La présente mise à jour n'a pas repéré d'études concernant la sécurité du quartier en lien avec l'exposition aux vagues de chaleur. Il faut tenir compte que cette variable peut être aussi corrélée avec la défavorisation matérielle, les conditions de logement et l'isolement social.

3.2.11 L'ISOLEMENT CULTUREL

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

L'incapacité de parler et de lire la langue officielle du pays d'accueil constitue un indicateur de risque face aux vagues de chaleur. De même, les auteurs signalent que l'ethnie serait un indicateur discutable.

Indicateurs proposés : la proportion d'immigrants, la langue la plus souvent parlée à la maison et la première langue apprise à la maison dans son enfance et toujours comprise.

Les effets de la chaleur sur les minorités raciales sont peu étudiés au Canada. Une étude récente signale qu'il n'est pas complètement compris de quelle manière l'origine ethnique pourrait influencer la sensibilité à la chaleur (Lundgren *et al.*, 2013). Dans une autre étude, menée aux États-Unis, il a été indiqué que les Afro-Américains ont le plus haut risque de mortalité reliée à la chaleur, mais que les Caucasiens présentent un risque plus élevé que les Hispaniques (Hattis *et al.*, 2012). Une étude a d'ailleurs montré que les personnes de race noire avaient un risque plus élevé d'être hospitalisées lors des chaleurs extrêmes qui sont survenues de 2001 à 2010 (Schmeltz *et al.*, 2015). Par contre, une revue de la littérature présentait des résultats mixtes relativement au lien entre la chaleur et la mortalité chez les minorités raciales (Gronlund, 2014).

Plusieurs études démontrent soit une hausse ou une baisse de la mortalité parmi les minorités hispaniques, noires ou asiatiques (Lundgren *et al.*, 2013). Des indicateurs structurels (faible revenu, résidence dans un îlot de chaleur, etc.) ou culturels (isolement linguistique, perception du risque, etc.) plutôt que génétiques seraient en cause (Lundgren *et al.*, 2013). Ainsi, à l'instar de l'isolement social, l'isolement culturel serait aussi un indicateur de la difficulté à prendre des mesures pour se protéger de la chaleur.

3.3 Sensibilité à la chaleur

Les indicateurs ayant une influence sur la sensibilité des populations sont ceux pouvant exacerber les impacts sur la santé lors d'une vague de chaleur. Les impacts sur la santé des vagues de chaleur varient bien sûr en fonction des conditions météorologiques (voir section 3.1), de l'exposition à la chaleur (voir section 3.2), mais aussi en fonction des caractéristiques cliniques et physiologiques individuelles, telles que l'âge, le sexe, la présence de morbidité préexistante ou la prise de certains médicaments (OMS, 2015a).

Les indicateurs ayant une influence sur la sensibilité à la chaleur, à l'instar des indicateurs influant sur l'exposition à la chaleur (voir section 3.2), peuvent aussi concourir à exacerber les répercussions sur la santé et peuvent servir à mieux estimer et cibler les besoins en outils de sensibilisation et de communication et en ressources durant le niveau d'intervention « **Normal** ». Plus précisément, les indicateurs du risque et de l'adaptation au climat s'avèrent un outil essentiel pour la planification des politiques et programmes en matière de santé (OMS, 2015b). Ces indicateurs permettent de déterminer les populations les plus à risque face aux différents effets sur la santé et de définir des interventions pour agir (OMS, 2015a).

Les indicateurs de sensibilité à la chaleur traités dans cette section incluent :

- L'âge (section 3.3.1);
- Le sexe (section 3.3.2);
- La condition physique et le poids (section 3.3.3);
- La morbidité préexistante (section 3.3.4);
- La prise de certains médicaments (section 3.3.5);
- L'abus de substances (section 3.3.6).

3.3.1 L'ÂGE

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

La presque totalité des études portant sur la mortalité ou la morbidité d'origine thermique souligne la contribution de l'avancement en âge. Mais aussi que l'immaturation du système de thermorégulation et le risque élevé de déshydratation rendent les nourrissons et les jeunes enfants particulièrement à risque aux impacts sanitaires de la chaleur.

Indicateur proposé : l'âge.

Théoriquement, les enfants et les personnes âgées sont plus sensibles à la chaleur étant donné les difficultés physiologiques de régulation de la température et la mobilité restreinte propres à ces âges (Hattis *et al.*, 2012). En ce qui concerne les personnes âgées, une méta-analyse des effets de la chaleur souligne que chaque hausse de 1 °C au-dessus des températures optimales accroît chez elles les taux de mortalité cardiovasculaire (3,4 %), respiratoire (3,6 %) et cérébrovasculaire (1,4 %), en plus des risques de subir des complications diabétiques, des problèmes génito-urinaires et des maladies infectieuses (Bunker *et al.*, 2016). Une autre méta-analyse a révélé qu'un accroissement de la température de 1 °C en temps estival augmente de 2 à 5 % le taux de mortalité chez les personnes âgées de plus de 65 ans (Yu *et al.*, 2012). Au Québec, les personnes âgées étaient respectivement admises en urgence et hospitalisées 2,7 et 1,7 fois plus fréquemment lors des jours de canicule de 2006 à 2010 comparativement aux jours estivaux normaux (Laverdière *et al.*, 2016).

Toutes ces études signalent une augmentation du risque sanitaire chez les personnes âgées lors de fortes chaleurs, mais elles ne comparent pas ce risque à celui des adultes jeunes. Une méta-analyse, la seule étude retrouvée qui compare les personnes âgées aux groupes plus jeunes, note que le risque de décès lié à la chaleur est significativement plus élevé (2 %) chez les personnes de 65 ans et plus que chez les personnes de 15 à 64 ans (Benmarhnia *et al.*, 2015). Cependant, ni cette étude ni les précédentes ne sont spécifiques aux vagues de chaleur; elles traitent plutôt de l'augmentation des températures en général.

Deux études repérées concernent spécifiquement les vagues de chaleur. À Vancouver, lors d'une vague de chaleur en 2009, il a été estimé que le risque de décès des personnes de 85 ans et plus n'est pas significativement différent de celui des personnes de moins de 65 ans (Kosatsky *et al.*, 2012). Les auteurs suggèrent que cette situation peut être expliquée par le fait que les personnes âgées sont moins mobiles avec l'âge et, par conséquent, sortent moins de leur logement, faisant en sorte qu'elles s'exposent moins à la chaleur lorsque leur domicile est bien isolé, ventilé ou climatisé. Au Québec, dans une étude sur les impacts sur la santé lors des vagues de chaleur de 2010 et 2011, l'âge moyen des personnes décédées pendant les vagues de chaleur n'était pas statistiquement différent de celui des périodes de comparaison dans 16 des 18 épisodes étudiés (Lebel, Bustinza et Dubé, 2015). Toutefois, les personnes âgées, du fait qu'elles ont une plus faible capacité d'adaptation physique à la chaleur et un niveau d'isolement social et de dépendance plus élevé et qu'elles habitent dans une plus grande proportion de logements mal adaptés, sont plus à risque d'éprouver les effets de la chaleur (Bélangier *et al.*, 2015). De plus, les personnes âgées ne se perçoivent généralement pas comme étant à risque, une croyance qui diminue leur prédisposition à adopter consciemment des comportements préventifs (Boeckmann et Rohn, 2014; Valois *et al.*, 2018a).

D'un autre côté, les enfants sont systématiquement identifiés comme des populations à risque dans la littérature scientifique, bien que les études concluantes soient plus rares que celles sur les personnes âgées (Vanos, 2015). Une revue systématique estime que le taux d'admission à l'hôpital

pour traumatismes physiques en lien avec la température est plus élevé chez les enfants que chez les adultes (Ali et Willett, 2015). La mortalité lors des chaleurs extrêmes est plus grande chez les enfants âgés de 0 à 4 ans que chez les enfants âgés de 5 à 14 ans (Xu *et al.*, 2012). Au Québec, le risque de mortalité augmente de façon plus importante pour les enfants de moins d'un an, des températures au-dessus de 29 °C ayant été associées à un risque presque trois fois plus élevé que les nourrissons meurent subitement (Auger *et al.*, 2015). Cependant, une revue systématique spécifique aux vagues de chaleur conclut que la littérature existante ne suggère pas systématiquement que la mortalité chez les enfants augmente de manière significative pendant les vagues de chaleur (Xu *et al.*, 2014).

3.3.2 LE SEXE

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Les études rapportent des résultats contradictoires par rapport au lien entre la chaleur et le sexe.

Indicateur proposé : le sexe.

Les hommes sont considérés comme généralement plus à risque aux effets de la chaleur. Aux États-Unis, les hommes âgés de plus de 40 ans sont plus susceptibles d'être hospitalisés pour toutes causes lors de chaleurs extrêmes de 2001 à 2010 (Schmeltz *et al.*, 2015). Ils seraient également plus à risque de développer une colique néphrétique dans ces situations (Ordon *et al.*, 2016). Lors de chaleurs accablantes de 1989 à 2006, les hommes de 45 à 64 ans au Québec avaient un risque plus élevé d'être hospitalisés à cause d'une maladie ischémique du cœur que les femmes (Bayentin *et al.*, 2010). Cependant, une méta-analyse indique que le risque de décès lié à la chaleur n'est pas significativement différent entre les femmes et les hommes (Benmarhnia *et al.*, 2015). À Vancouver, le risque de décès chez les hommes lors d'une vague de chaleur en 2009 n'était pas significativement différent de celui des femmes (Kosatsky *et al.*, 2012).

3.3.3 LA CONDITION PHYSIQUE ET LE POIDS

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Certaines conséquences des habitudes de vie (comme une forme physique inadéquate ou l'obésité) prédisposeraient aux troubles de la santé durant les vagues de chaleur.

Indicateurs proposés : la mauvaise forme physique et l'obésité.

Lorsque la condition physique est inadéquate, le système cardiovasculaire est soumis à un stress important, même pour des activités peu exigeantes, réduisant ainsi la réserve cardiovasculaire et la tolérance à la chaleur. En effet, la réserve cardiovasculaire est importante pour la thermorégulation, puisqu'elle permet la dissipation de la chaleur corporelle en transférant la chaleur vers la peau par le flux sanguin (OMS, 2018). De plus, le déclin de la condition physique peut provoquer un cercle vicieux en limitant les activités physiques à cause du stress cardiovasculaire et en réduisant encore plus la condition physique.

Le surpoids est un autre indicateur qui augmente la sensibilité à la chaleur (CDC, 2017) et il est souvent corrélé avec celui de la condition physique. Les personnes en surpoids sont plus sensibles à la chaleur étant donné que leur tissu sous-cutané est plus important et une fréquence cardiaque plus élevée est donc nécessaire pour pouvoir dissiper la chaleur (OMS, 2018). Un des indicateurs qui augmentent la sensibilité à la chaleur chez les travailleurs exposés à la chaleur est le surpoids (Lundgren *et al.*, 2013). Au Québec, une étude considère l'obésité comme une des maladies chroniques rendant les personnes plus sensibles à la chaleur (Laverdière *et al.*, 2015).

3.3.4 LA MORBIDITÉ PRÉEXISTANTE

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Les problèmes chroniques de santé préexistants sont pointés dans la littérature comme facteur de risque des effets sanitaires attribués à la chaleur.

Indicateurs proposés : les principaux problèmes de santé chroniques et le nombre de problèmes de santé.

Les personnes souffrant de conditions médicales chroniques sont plus sensibles à la chaleur (CDC, 2017). Plusieurs indicateurs de comorbidité ont été répertoriés lors de chaleurs extrêmes. Entre autres, les personnes avec le diabète ont un risque plus élevé d'être admises à l'urgence pour des problèmes cardiovasculaires (Lavigne *et al.*, 2014). Pour les maladies respiratoires, la préexistence d'une maladie chronique respiratoire ou d'un cancer accroîtrait d'environ 20 % le risque qu'un individu soit admis à l'urgence (Lavigne *et al.*, 2014). En ce qui a trait aux personnes âgées, elles sont plus à risque de présenter de multiples maladies chroniques. Il est estimé qu'environ 70 % des personnes âgées de 65 ans et plus dans le sud du Québec affichent au moins une maladie chronique sensibilisant à la chaleur (Laverdière *et al.*, 2015). En ordre décroissant de prévalence, on retrouve parmi ces maladies l'hypertension, les maladies cardiovasculaires, l'obésité, le diabète, les maladies pulmonaires, les problèmes rénaux et les troubles neurologiques (Laverdière *et al.*, 2015).

Les personnes âgées de 65 ans et plus du Québec souffrant de deux maladies chroniques ou plus sont presque 4 fois plus à risque de rapporter des problèmes de santé reliés à la chaleur comparativement aux personnes n'en affichant aucune; pour les personnes âgées de 65 ans et moins, le risque est 6 fois plus élevé (Bélangier *et al.*, 2014). Par ailleurs, une étude réalisée à Adélaïde, en Australie, analyse les risques liés spécifiquement à l'exposition aux vagues de chaleur. Leur évaluation soulevait que les personnes souffrant de maladies cardiaques étaient 22 fois plus susceptibles de décéder lors d'une vague de chaleur (Zhang *et al.*, 2017).

3.3.5 LA PRISE DE CERTAINS MÉDICAMENTS

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Plusieurs médicaments utilisés dans le traitement de maladies pourraient altérer l'adaptation de l'organisme à la chaleur.

Indicateur proposé : la prise des médicaments ayant des interactions avec la chaleur.

Les personnes avec des conditions médicales chroniques prennent souvent des médicaments qui peuvent aggraver l'effet de la chaleur extrême (CDC, 2017). La prise de médicaments peut accroître la sensibilité d'un individu lors de chaleurs extrêmes, entre autres en accélérant la déshydratation et la production de chaleur corporelle. Par exemple, les diurétiques, les immunosuppresseurs, les interférons et les anticoagulants ont le potentiel d'accroître le risque d'hyperthermie (Bélangier, Bustinza et Gosselin, 2015). Quant aux antidépresseurs, aux antihistaminiques, aux neuroleptiques et aux diurétiques, ils peuvent prédisposer les personnes qui les utilisent au coup de chaleur ou au stress thermique en cas de fortes chaleurs (OMS, 2015a). Des rapports détaillés concernant le lien entre les médicaments et la chaleur ont été publiés par l'INSPQ (Blachère et Perreault, 2010, 2012 a et b, 2013).

3.3.6 L'ABUS DE SUBSTANCES

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

La consommation de certaines drogues illicites et d'alcool prédisposerait les consommateurs à des troubles de santé lors des vagues de chaleur.

Indicateurs proposés : la consommation de drogues illicites et la consommation d'alcool.

En Angleterre, une étude a mis en évidence que les personnes ayant de problèmes d'abus de substances (alcool et autres) ont un risque plus élevé de décéder à des températures au-delà du 93^e centile de la distribution annuelle de température (Page *et al.*, 2012). Au Québec, une étude a indiqué que le risque de surdose de cocaïne s'accroît à mesure que la température estivale maximale augmente, mais que le risque toutes drogues confondues n'est pas significatif (Auger *et al.*, 2017). Il existe des facteurs sociaux, comme l'isolement social, mais également biologiques, comme l'agitation psychomotrice ou une mauvaise condition physique, qui peuvent augmenter le risque de mortalité chez les toxicomanes (Page *et al.*, 2012). Des publications signalent de surcroît que les personnes avec des problèmes d'abus de substances doivent être identifiées comme une population à risque lors des vagues de chaleur (Hayes et Poland, 2018) et qu'elles doivent être aussi considérées comme une population qui manque de capacités ou de ressources pour se protéger (Cusack *et al.*, 2011).

3.4 Adaptation de la santé publique à la chaleur

Les impacts sur la santé varient aussi en fonction de la capacité des systèmes de santé à protéger les populations des risques actuels, par exemple l'efficacité d'un système d'alerte, de la surveillance des maladies ou d'un plan d'intervention (OMS, 2015a).

Le manque de progrès au regard de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de la mise en œuvre de capacités d'adaptation constitue une menace tant pour les vies humaines que pour la pérennité des systèmes de santé nationaux dont celles-ci dépendent, venant potentiellement perturber lourdement les infrastructures de santé publique et les services de santé (Watts *et al.*, 2018). Les opérations sanitaires doivent être de plus en plus préparées à faire face à l'évolution des bassins de population (notamment le vieillissement démographique) et des demandes de services (OMS, 2015a). Ces indicateurs sur les demandes de service permettent d'identifier les faiblesses des systèmes qui devraient protéger les populations affectées, et de définir des interventions pour agir (OMS, 2015a).

Parmi les indicateurs d'adaptation à la chaleur pouvant réduire les impacts des vagues de chaleur sur la santé, on trouve :

- Le système d'alerte précoce (section 3.4.1);
- Le plan d'intervention (section 3.4.2).

3.4.1 LE SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Le délai entre l'exposition à la chaleur et le décès peut s'avérer assez bref, de l'ordre de quelques heures dans certains cas, d'où l'importance de mettre en place un système de veille et d'avertissement précoce lors de fortes chaleurs.

Indicateur proposé : aucun.

Les systèmes d’alerte précoce pour la santé sont conçus pour alerter le public et les professionnels de la santé d’une situation d’urgence soudaine, comme un phénomène météorologique extrême ou une flambée de maladies. Grâce à cette alerte précoce, les instances concernées disposent de plus de temps pour déployer les mesures de préparation et les interventions appropriées. Les risques à la santé des populations découlant des vagues de chaleur peuvent être réduits en disposant de systèmes de surveillance et de suivi intégrés pour recueillir des données météorologiques et des indicateurs sanitaires, et en intégrant ces données dans une réponse proactive de santé publique (OMS, 2015a). Un système d’alerte précoce, capable d’identifier, de prévoir et de communiquer les conditions à haut risque se base sur une surveillance intégrée. L’un des avantages de la surveillance intégrée est que les données environnementales sont plus normalisées et plus rapidement disponibles que les données sur la santé de la population (OMS, 2015a). Il est recommandé d’établir des partenariats avec les agences météorologiques, les services d’hydrologie ou autres pour accéder aux informations autres que sanitaires et bien les interpréter (OMS, 2015a).

Aux États-Unis, on estime que l’excès de risque de décès pour coup de chaleur pourrait être réduit en implémentant un système d’alerte précoce des vagues de chaleur dans les régions qui ne l’ont pas (Wang *et al.*, 2016). Une revue systématique concernant l’effectivité des systèmes d’alerte montre que le nombre de décès liés à la chaleur et le nombre d’appels ambulanciers ont diminué après l’implémentation de ces systèmes (Toloo *et al.*, 2013). Également, il a été estimé que les coûts d’opération annuelle de 70 000 \$ US d’un tel système ont permis des bénéfices annuels de l’ordre de 156 000 000 \$ US en sauvant une quarantaine de vies par an (Ebi *et al.*, 2004). Au Québec, le système SUPREME a été mis en service en juin 2010 (Toutant *et al.*, 2011), en appui au *Guide d’intervention : chaleur accablante : volet santé publique* (Laplante et Roman, 2006). Une étude comparant les impacts sur les décès au Québec des vagues de chaleur de 2010 et de 2018 montre que l’excès de décès liés aux vagues de chaleur est passé de 291 en 2010 à 86 en 2018 (Lebel, Dubé et Bustinza, 2019). Cela laisse croire que le système d’alerte aurait pu contribuer à améliorer les interventions de santé publique pour réduire les impacts sur la santé.

La performance des systèmes d’alerte quant à la prédiction des vagues de chaleur est fortement influencée par les incertitudes inhérentes aux prévisions météorologiques (McLean *et al.*, 2018), mais aussi par la rareté des vagues de chaleur. En effet, les mesures d’évaluation traditionnelles, telles que la sensibilité ou la spécificité, produisent des résultats dépourvus de signification à mesure que la rareté de l’évènement augmente (Stephenson *et al.*, 2008). L’indice de dépendance extrême symétrique a été proposé pour évaluer adéquatement la performance d’un système émettant des prévisions d’évènements rares (Ferro et Stephenson, 2011). Au Québec, d’après cet indice, la performance des avertissements de chaleur du système d’alerte précoce est bonne (0,83 sur une valeur maximale de 1) (Bustinza, Lebel et Dubé, 2017a). Aucune autre étude évaluant la performance des systèmes d’alerte n’a été repérée dans cette mise à jour. Pour conclure, les pratiques exemplaires demandent d’évaluer régulièrement les seuils d’alerte de chaleur pour s’assurer qu’ils fournissent une protection appropriée (Santé Canada, 2018).

La difficulté des systèmes d’alerte est de joindre les personnes les plus à risque. Dans la région de la Montérégie, au Québec, un projet pilote pour la mise en place d’un système d’alertes téléphoniques automatisées (SATA) destiné aux personnes âgées ou ayant certaines maladies préexistantes a été réalisé. Les participants montraient une prévalence accrue d’intention de fréquenter des endroits frais et de rester à l’intérieur en comparaison au groupe témoin et rapportaient avoir adopté davantage de mesures de rafraîchissement (Mehiriz *et al.*, 2017, 2018). Les femmes, qui constituaient la grande majorité des participantes, avaient baissé de moitié leurs consultations auprès d’un spécialiste de la santé par rapport au groupe contrôle. Il reste toutefois la difficulté à joindre les itinérants ou encore les personnes sans moyen de communication électronique ou téléphonique.

3.4.2 LE PLAN D'INTERVENTION

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Il faudrait améliorer les conditions organisationnelles lors de fortes chaleurs afin de soutenir les services de santé et d'améliorer le pronostic des personnes fragilisées dans un tel contexte météorologique.

Indicateur proposé : aucun.

Un système d'alerte ne suffit pas pour préparer un système de santé à affronter le changement climatique. Les systèmes de santé doivent prendre peu à peu des mesures pour mieux comprendre les effets néfastes du changement climatique sur la population, évaluer l'efficacité de leurs interventions et renforcer leurs capacités institutionnelles (OMS, 2015a). Les programmes de santé peuvent utiliser les informations recueillies par la recherche ou les systèmes d'alerte précoce pour renforcer leurs capacités en matière de prise de décision et adapter le niveau d'intervention en conséquence. Par exemple, les professionnels de la santé informés d'une possible vague de chaleur par les systèmes d'alerte précoce peuvent utiliser judicieusement le temps imparti pour se préparer à une augmentation du nombre de patients et de besoins spéciaux (OMS, 2015a). L'augmentation de la demande pour les services sociaux et les établissements de santé découlant des effets de la chaleur accroît le fardeau de ces institutions qui pourraient ne pas être en mesure de répondre à cette demande (Curtis *et al.*, 2017). Sans adaptation, la qualité et la rapidité des services offerts pourraient en souffrir avec comme conséquence d'exacerber les problèmes de santé des individus ayant besoin de soins. Au Québec, certaines études concluent que les coûts attribuables à la chaleur associée aux changements climatiques s'élèveront à 33 milliards de dollars (dollars canadiens de 2012) pour la période 2015-2065. Ces estimations incluent les frais liés aux plans d'urgence, aux interventions, à l'utilisation du système de santé, aux pertes de productivité et à la mortalité, cette dernière étant la cause d'une majorité des coûts (Larrivée *et al.*, 2015).

Un plan d'intervention peut prendre différentes formes (Santé Canada, 2011) :

- Un *plan d'intervention communautaire* permet d'encourager les initiatives individuelles pour se protéger de la chaleur, de diriger les interventions de santé publique visant à rejoindre les populations à risque pour répondre à leurs besoins et de mettre en place un réseau d'intervention, dont l'objectif est de réduire les obstacles à toute mesure concrète.
- Un *plan de communication et de sensibilisation* permet de favoriser la sensibilisation aux effets de la chaleur sur la santé, de fournir des conseils pour réduire les risques pour la santé en éduquant les populations sur les mesures de prévention et de donner de l'information sur les services et les ressources offerts.
- Un *plan d'évaluation* du système d'alerte précoce et un plan d'intervention permettent de comprendre jusqu'à quel point le protocole d'alerte et les mesures d'intervention sont opportuns, pertinents et efficaces et d'apporter des améliorations constantes de façon à mieux répondre aux besoins de la collectivité (les risques peuvent changer avec le temps en fonction de l'évolution démographique, de l'état de santé de la population, de l'exposition à la chaleur et de l'accessibilité aux services sociaux et de santé). Les évaluations doivent avoir comme but ultime l'amélioration des systèmes d'alerte et des plans d'intervention afin de s'assurer qu'ils favorisent une réduction du nombre de cas de maladies et de décès liés à la chaleur.

Dans une revue systématique sur l'efficacité des plans d'intervention contre la chaleur, la majorité des études trouve une réduction de la mortalité et de la morbidité pendant les vagues de chaleur dans les endroits où des mesures préventives ont été implantées (Boeckmann et Rohn, 2014). Dans cinq études de la même revue, la perception et le comportement de la population auraient changé à la suite de l'implantation de mesures préventives (Boeckmann et Rohn, 2014).

Toutefois, évaluer l'efficacité des plans d'intervention, notamment quant à la réduction du nombre de décès lors des vagues de chaleur, reste une tâche complexe. Les défis méthodologiques sont un problème majeur pour une évaluation rigoureuse, et le choix des variables comme mesures de comparaison des impacts sur la santé reste discutable (Boeckmann et Rohn, 2014; Lebel, Dubé et Bustinza, 2019). Aussi, la plupart des évaluations ont recours à une approche avant/après qui ne tient pas compte des variables confondantes potentielles (Benmarhnia *et al.*, 2016). De cette façon, l'efficacité des plans d'intervention peut être influencée notamment par la perception du danger lié à la chaleur des personnes ainsi que par les coûts associés aux adaptations nécessaires, comme ceux liés aux climatiseurs (Toloo *et al.*, 2013). Au Québec, une étude menée à Montréal utilisant une méthode quasi expérimentale contrôlant certaines variables confondantes indique que le plan d'intervention chaleur implanté à Montréal depuis 2004 aurait contribué à une réduction non significative de 2,5 décès par jour lors des vagues de chaleur (Benmarhnia *et al.*, 2016). Cependant, lorsque la température cumulée (la température du jour du décès plus celle des 5 jours précédents) est utilisée, la réduction des décès est significative et s'élève à 4,87 décès par jour.

4 Impacts sur la santé

Les conséquences néfastes sur la santé liées aux changements climatiques devraient s'aggraver avec le réchauffement progressif de la planète (U.S. Global Change Research Program [USGCRP], 2018). Les changements climatiques augmentent la fréquence, l'intensité et la durée des vagues de chaleur (Mishra *et al.*, 2015) et cette exposition grandissante aux températures élevées est associée aux excès de morbidité et mortalité (GIEC, 2018). Les tendances en matière d'impacts, d'expositions et de risque face aux changements climatiques font apparaître un niveau de risque inadmissible pesant sur la santé actuelle et future des populations (Watts *et al.*, 2018). De cette façon, une bonne connaissance des impacts sur la santé des vagues de chaleur contribue à mieux préparer les plans d'intervention et de mieux estimer et cibler les besoins en outils de sensibilisation et de communication et en ressources durant le niveau d'intervention « **Normal** ».

Parmi les indicateurs sur les impacts sur la santé liés aux vagues de chaleur, on trouve :

- Le transport ambulancier (section 4.1);
- L'admission à l'urgence (section 4.2);
- L'hospitalisation (section 4.3);
- La mortalité (section 4.4);
- Les autres impacts (section 4.5).

4.1 Le transport ambulancier

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Certains renseignements provenant des relevés quotidiens de la situation à l'urgence, dont les transports ambulanciers, pourraient servir à titre d'indicateurs proxy des conséquences sanitaires d'une vague de chaleur.

Indicateur proposé : le transport ambulancier.

Le nombre de transports ambulanciers est un indicateur moins utilisé que les admissions à l'urgence et les hospitalisations pour évaluer les effets de la chaleur sur la morbidité, bien que plusieurs études aient démontré une hausse des transports lors des chaleurs extrêmes (Li *et al.*, 2015). L'indicateur englobe davantage les cas les plus sévères de morbidité. Les admissions à l'urgence et les hospitalisations sont des indicateurs plus inclusifs puisque, de toute façon, les personnes transportées en ambulance sont généralement admises à l'urgence et hospitalisées. À ce titre, une étude en Australie a montré que la hausse du nombre d'admissions à l'urgence durant une vague de chaleur en 2011 était presque trois fois plus élevée que celle du nombre d'appels ambulanciers (Schaffer *et al.*, 2012). Cependant, étant donné le plus petit nombre de transports ambulanciers, la hausse relative au regard des transports ambulanciers était plus importante (14 % contre 2 % pour les admissions à l'urgence). Il est ainsi important de comparer en nombre absolu, et non relatif, l'effet de la chaleur sur les différents indicateurs.

Quelques études utilisent les transports ambulanciers étant donné que les appels peuvent être localisés, ce qui permet de déterminer comment les caractéristiques du milieu ont eu une influence sur les effets sanitaires associés à la chaleur. Par exemple, une étude à Toronto a déterminé que le nombre d'appels pour une demande d'ambulance attribuable à la chaleur était cinq fois plus élevé

dans les quartiers avec moins de 5 % de canopée comparativement à ceux avec un niveau supérieur à 5 % (Graham *et al.*, 2016). La même étude a révélé que le nombre d'appels pour une demande d'ambulance attribuable à la chaleur était 12,3 % plus élevé pendant les épisodes de chaleur extrême de 2005, de 2006 et de 2010 que la semaine précédant et suivant l'épisode (Graham *et al.*, 2016). Une autre étude réalisée à Toronto a également démontré que la hausse des transports ambulanciers serait semblable que l'on utilise la température moyenne ou la température maximale d'une journée comme mesure d'exposition à la chaleur (Bassil *et al.*, 2011). Chaque augmentation de 1 °C de la température moyenne ou maximale avait accru en moyenne le nombre d'appels ambulanciers d'environ 30 % en 2005.

L'utilisation des transports ambulanciers comme indicateur peut aussi permettre d'estimer le fardeau supplémentaire sur les centres d'appels ambulanciers, de mieux préparer le personnel paramédical et de déterminer avec plus de précision le type de transport ambulancier affecté. Par exemple, on estimait en Australie que le sommet d'appels ambulanciers lors des journées chaudes se situait en milieu d'avant-midi aux alentours de 10 h, même si la température maximale était atteinte en moyenne vers 13 h (Guo, 2017). Dans l'État de Washington, l'augmentation des transports ambulanciers exigeant des soins avancés de réanimation de 2007 à 2012 était plus élevée lors de chaleurs extrêmes que les transports ambulanciers requérant des soins de réanimation de base (14 % contre 8 %) (Calkins *et al.*, 2016). En général, le transport ambulancier comme indicateur d'impact sur la santé lors des vagues de chaleur semble être plus sensible que l'hospitalisation ou l'admission à l'urgence. En effet, en 2018, au Québec, les 9 régions ayant subi une vague de chaleur extrême en début juillet ont présenté des excès statistiquement significatifs sur les taux bruts de transports ambulanciers, tandis que seulement 2 régions ont présenté des excès significatifs sur les taux bruts d'hospitalisations (Lebel, Dubé et Bustinza, 2019).

4.2 L'admission à l'urgence

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

Certains renseignements provenant des relevés quotidiens de la situation à l'urgence, dont les admissions, pourraient servir d'indicateurs proxy des conséquences sanitaires d'une vague de chaleur.

Indicateur proposé : les admissions à l'urgence toutes causes et pour causes spécifiques diverses.

Une revue de la littérature sur les effets des vagues de chaleur sur la santé soulève que les augmentations d'admissions à l'urgence passaient de 3 à 18 % dépendamment des études et de la définition de vague de chaleur, alors que le risque d'être admis pour une cause associée à la chaleur pouvait être jusqu'à 6 fois plus élevé (Li *et al.*, 2015). Une étude plus poussée en Californie analysant 1,2 million de visites à l'urgence de 2005 à 2008 a établi que chaque hausse de 10 °F (environ 5,6 °C) augmentait le risque d'être admis à l'urgence (Basu *et al.*, 2012) de la façon suivante :

- 1,7 % pour une maladie ischémique;
- 2,8 % pour une crise cardiaque;
- 4,3 % pour le diabète;
- 6,1 % pour les infections intestinales;
- 12,7 % pour hypotension;
- 15,9 % pour insuffisance rénale;

- 25,6 % pour déshydratation;
- 393,3 % pour un malaise associé à la chaleur.

Plusieurs études au Canada démontrent également un lien entre la chaleur et les admissions à l'urgence. De 2006 à 2010, les personnes âgées avaient 2,6 fois plus de chances d'être admises à l'urgence lors de chaleurs accablantes que lors de journées estivales normales (Laverdière *et al.*, 2016). Lors d'une vague de chaleur de 5 jours qui s'était abattue à travers le Québec en 2010, le taux d'admission à l'urgence avait augmenté de 4 % en comparaison aux autres années à la même période (Bustanza *et al.*, 2013). À Toronto, les températures les plus chaudes (99^e percentile) de 2002 à 2010 auraient accru de 29 % les admissions à l'urgence pour des troubles mentaux ou du comportement sur une période de 7 jours en comparaison avec des températures normales (50^e percentile) (Wang *et al.*, 2014). Plus précisément, les admissions à l'urgence pour la schizophrénie, les troubles de l'humeur et les troubles névrotiques étaient significativement associées aux chaleurs extrêmes. Une tendance similaire a été établie dans la région méridionale du Québec, mais à des températures moyennes de 22,5 et de 25 °C (Vida *et al.*, 2012). Les admissions à l'urgence s'avèrent un meilleur indicateur que les transports ambulanciers pour les troubles mentaux puisque ces troubles se prêtent généralement moins à ce type d'intervention.

Au Québec, le nombre d'admissions à l'urgence toutes causes semblent être un indicateur plus ou moins sensible aux vagues de chaleur. En effet, dans seulement 33 % des vagues de chaleur ayant frappé les diverses régions sociosanitaires, les résultats révèlent des augmentations significatives des taux bruts d'admissions à l'urgence (Lebel, Bustanza et Dubé, 2017, 2019; Bustanza, Lebel et Dubé, 2017b).

4.3 L'hospitalisation

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

La chaleur peut engendrer un processus morbide ou encore aggraver l'état d'une personne atteinte d'un problème de santé.

Indicateur proposé : les hospitalisations toutes causes confondues et pour causes spécifiques diverses.

Nombre d'études montrent que le réchauffement climatique est associé à la hausse d'hospitalisations (GIEC, 2014). Une revue de la littérature indique que les vagues de chaleur accroissent de 2 à 11 % le nombre d'hospitalisations toutes causes confondues (Li *et al.*, 2015).

On observe également des effets de la chaleur sur des conditions plus précises. Par exemple, une méta-analyse récente estime que, pour chaque augmentation de 1 °C au-delà de la température de mortalité minimale, le risque d'hospitalisation pour infarctus du myocarde augmente de 1,6 % (Sun *et al.*, 2018). Une méta-analyse antérieure semblait toutefois indiquer que la relation entre la chaleur et les hospitalisations pour maladies cardiovasculaires n'était pas significative (Turner *et al.*, 2012). Une augmentation de la mortalité hors hôpital pour des événements cardiovasculaires pourrait expliquer l'absence d'association significative. Une méta-analyse subséquente corroborait cette absence de relation significative pour les chaleurs extrêmes ponctuelles (une journée ou moins), mais démontrait au contraire une augmentation lors de vagues de chaleur (deux jours ou plus de chaleur extrême) ou de variations importantes de la température diurne (Phung *et al.*, 2016). Elle évaluait qu'une augmentation de 1 °C de l'écart entre la température diurne minimale et la température diurne maximale augmenterait de 1,9 % le risque d'être hospitalisé pour des raisons cardiovasculaires en

temps estival. Les effets de la chaleur sur les hospitalisations cardiovasculaires ne se limitent donc pas aux maximums de température. À ce propos, en Ontario, la majorité des hospitalisations cardiovasculaires de 1996 à 2013 était associée à des chaleurs modérées plutôt qu'extrêmes (Bai *et al.*, 2018). La même étude estimait que 1,2 % des hospitalisations cardiovasculaires globales en Ontario était attribuable à la chaleur. Au Québec, une augmentation de 12 % du nombre d'hospitalisations pour cardiopathie ischémique a été observée lors des journées chaudes de la période de 1989 à 2006 (Bayentin *et al.*, 2010).

La chaleur aurait également un impact sur les hospitalisations reliées au diabète et aux insuffisances rénales aiguës (Bai *et al.*, 2016; Lim *et al.*, 2018), quoiqu'elle n'aurait pas d'incidence sur les hospitalisations où l'hypertension ou l'arythmie cardiaque sont en cause (Bai *et al.*, 2016). Quant aux accidents vasculaires cérébraux, sa relation avec la chaleur reste controversée (Lian *et al.*, 2015). Au Québec, de 2010 à 2014, seulement 20 % des vagues de chaleur ayant frappé les régions sociosanitaires ont eu des taux d'hospitalisations (avec un diagnostic potentiellement relié à la chaleur) significativement plus élevés que ceux des périodes de comparaison (Lebel, Bustinza et Dubé, 2017).

Enfin, plusieurs complications à la naissance ont été associées à la chaleur. Parmi celles-ci, on peut retrouver la prématurité (Auger *et al.*, 2014) et les complications congénitales telles qu'une malformation du cœur ou du tube neural (Auger, Fraser, Arbour *et al.*, 2017; Auger, Fraser, Sauve *et al.*, 2017). Une étude au Québec suggère qu'une femme exposée à de fortes chaleurs dont la grossesse est proche du terme ou à terme a un risque significativement élevé (RR : 1,12) de subir un décollement placentaire qui peut être fatal autant pour elle que pour le fœtus (He *et al.*, 2018). Les résultats de ces études originales sont intéressants, mais d'autres études et revues de littérature seront nécessaires pour vérifier ces résultats. Malgré tout, ces résultats demeurent plausibles et, si la prudence est de mise, ces populations devraient être considérées comme à risque.

4.4 La mortalité

TAIROU, BÉLANGER ET GOSSELIN (2010)

L'indicateur sanitaire le plus souvent utilisé est la mortalité toutes causes.

Indicateur proposé : mortalité toutes causes et pour causes spécifiques diverses.

Les chaleurs extrêmes et les vagues de chaleur sont associées à une mortalité excédentaire à travers le monde (Gasparrini *et al.*, 2015; Gasparrini et Armstrong, 2011; Xu *et al.*, 2016). Une méta-analyse a conclu que la mortalité toutes causes confondues s'élevait de 3 à 16 % pendant une vague de chaleur, selon la façon dont la vague est définie sur le plan de la durée et de l'intensité (Xu *et al.*, 2016). Au Canada, plusieurs études ont répertorié les conséquences sanitaires des vagues de chaleur ou des chaleurs extrêmes. Une en particulier a estimé le risque de mortalité associé aux vagues de chaleur dans 21 régions métropolitaines du Canada, d'Halifax à Victoria (Guo *et al.*, 2018). Une vague de chaleur accroît en moyenne de 2 à 13 % le risque de mortalité, Saint John (Terre-Neuve-et-Labrador) affichant la hausse la plus basse, et Montréal (Québec) la plus haute.

En comparant avec la période 1971-2020, même si les facteurs ayant des impacts sur la santé demeuraient inchangés, un scénario de diminution des émissions de gaz à effet de serre à l'international augmenterait de 155 % la surmortalité associée aux vagues de chaleur dans l'ensemble du Canada. Ce pourcentage s'élèverait à 390 % dans le cas d'un scénario de fortes émissions de gaz à effet de serre. Pour un scénario de forte croissance démographique, ces

pourcentages sont respectivement de 188 et de 455 %. Plusieurs études démontrent toutefois que la mortalité associée à la chaleur tend à diminuer avec le réchauffement global des températures indépendamment du niveau de climatisation, ce qui indique que les populations deviennent moins susceptibles à la chaleur plus elles y sont exposées jusqu'à un certain seuil (Arbuthnott *et al.*, 2016). En Colombie-Britannique, 815 décès ont pu être attribués à des chaleurs extrêmes étant survenues de 1986 à 2010, celles-ci étant définies comme des journées où la température maximale excède 30 °C. En fonction de l'écorégion, cet accroissement des décès représente une hausse du taux de mortalité de 4 à 19 % le lendemain de l'évènement, et de 2 à 19 % pour un délai d'une semaine (Henderson *et al.*, 2013). Au Québec, seulement en 2010, une vague de chaleur de 5 jours a accru le taux de mortalité de 33 % en comparaison avec des périodes similaires (Bustanza *et al.*, 2013) et, en 2018, un excès de 86 décès a été mesuré lors de la vague de chaleur du début juillet (Lebel, Dubé et Bustanza, 2019). À Montréal, 0,68 % de la mortalité toutes causes confondues était attribuable à la chaleur de 1986 à 2009, le risque de décéder étant presque 2 fois plus élevé lorsque la température dépassait 30 °C (Gasparrini *et al.*, 2015).

Une méta-analyse a évalué qu'une vague de chaleur augmentait en moyenne de 63,9 % le risque de décéder d'un infarctus du myocarde (Sun *et al.*, 2018). Les auteurs d'une autre méta-analyse ont trouvé que la mortalité cardiovasculaire augmentait significativement de 1,3 % lors de l'exposition à la chaleur (Moghadamnia *et al.*, 2017).

Certaines études semblent démontrer que la proportion de décès reliés à la chaleur serait plus attribuable aux maladies respiratoires qu'aux maladies cardiovasculaires (Chen *et al.*, 2016; Huynen et Martens, 2015). En ce sens, une étude ontarienne signale que chaque élévation de la température moyenne journalière de 5 °C est associée à des augmentations significatives de 2,5 % des décès toutes causes (sauf accidentelles), mais de 26,0 % des décès respiratoires (Chen *et al.*, 2016). Une étude anglaise associe quant à elle l'élévation de la température à une augmentation significative de 2,1 % des décès toutes causes, de 4,1 % des décès respiratoires et de 1,8 % des décès cardiovasculaires (Gasparrini *et al.*, 2012).

Dans une étude québécoise, la mortinaissance à terme a été associée à l'exposition à la chaleur. Le risque de mortinaissance à terme pour une température maximale quotidienne de 28 °C, le jour avant l'accouchement, est de 1,16 (IC : 1,02-1,40) fois plus élevé qu'à 20 °C (Auger *et al.*, 2017). Une autre étude menée à Brisbane, Australie, ne trouve pas d'association entre la température élevée et le risque de mortinaissance (Strand *et al.*, 2011). Les auteurs de l'étude québécoise estiment que, dans les régions tempérées comme le Québec, la température fluctue plus amplement que dans les régions subtropicales comme l'Australie, et que les femmes seraient donc moins acclimatées et, en conséquence, moins résilientes à l'exposition à de fortes chaleurs pendant l'étape la plus avancée de la grossesse. Aucune autre étude pertinente n'a été repérée dans cette mise à jour.

Comme il a déjà été signalé, le risque de mort subite chez les nourrissons a aussi été associé à la chaleur. Une étude au Québec indique d'ailleurs que le risque de mort subite chez les nourrissons pour une température maximale quotidienne de ≥ 29 °C est 2,78 (IC : 1,64-4,70) fois plus élevé qu'à 20 °C (Auger *et al.*, 2015). Cette association s'avère plus forte chez les nourrissons de 3 mois et plus. En revanche, deux études, l'une à Taiwan et l'autre à Vienne, en Autriche, ne font pas de lien entre la température et la mort subite chez les nourrissons (Chang *et al.*, 2013; Waldhoer et Heinzl, 2017).

Une revue systématique récente signale une augmentation significative du risque de suicide en lien avec la chaleur (Thompson *et al.*, 2018). Les quinze études repérées montrent une augmentation significative de suicides allant jusqu'à 37 % par 1 °C.

4.5 Les autres impacts

Trois études canadiennes signalent que de 20 à 45 % des personnes interviewées rapportent des impacts sur leur santé reliés à la chaleur (Alberini *et al.*, 2011; Bélanger *et al.*, 2014; Valois *et al.*, 2018b) et qu'approximativement 10 % de ces personnes ont consulté un professionnel de la santé (Alberini *et al.*, 2011).

Les températures chaudes ont également des impacts sur la santé psychologique et sociale. Elles augmentent entre autres la propension aux comportements agressifs et le stress. Par conséquent, quelques études aux États-Unis ont observé un lien entre la chaleur et le taux de criminalité (Mares, 2013). Dans une ville comme Saint-Louis (Missouri), chaque hausse d'un degré augmente d'environ 1 % le nombre de crimes violents. Une grande défavorisation sociale affecte 20 % de ses quartiers. De plus, ces derniers subiraient la moitié de la hausse en criminalité provoquée par le réchauffement des températures.

Finalement, les chaleurs extrêmes encouragent l'isolement chez soi en défavorisant les activités extérieures, particulièrement les activités sportives et récréatives. Les interactions sociales sont ainsi diminuées, particulièrement en milieu rural, où les activités extérieures font davantage partie intégrante du mode de vie. Cette diminution peut mettre en danger la santé des individus en fonction de leur réseau social pour faire face aux aléas, les personnes âgées ou à faible revenu en particulier (Bolitho et Miller, 2017; Williams *et al.*, 2017).

5 Conclusions et recommandations

Cette section inclut une présentation des principales conclusions de la mise à jour scientifique, des recommandations, ainsi que de l'information sur la disponibilité des indicateurs dans le système SUPREME ou sur le Géo portail.

Par ailleurs, afin de mieux interpréter l'importance relative des indicateurs présentés dans cette révision, il faut prendre en considération que certains indicateurs peuvent avoir des liens de dépendance ou de corrélation entre eux. À titre d'exemple, l'utilisation d'un climatiseur peut dépendre, dans une certaine mesure, de la défavorisation matérielle, cette dernière pouvant limiter l'accès à un climatiseur. Plusieurs autres corrélations sont possibles : l'obésité et la condition physique, l'âge et la morbidité préexistante, etc. Les corrélations les plus évidentes sont annoncées dans cette revue afin de bien interpréter l'importance de l'indicateur et donc des mesures d'adaptation possibles qui en découlent. Cependant, il faut garder à l'esprit que plusieurs autres corrélations, qui n'ont pas été identifiées dans cette mise à jour, sont possibles.

De plus, dans l'objectif de disposer de données qui peuvent aider adéquatement la gestion des risques liés aux vagues de chaleur, plusieurs des indicateurs présentés dans cette revue nécessitent des mises à jour régulièrement. Par exemple, l'indice de défavorisation matérielle ou sociale, les îlots de chaleur ou le taux de climatisation nécessitent, pour qu'ils soient utiles, des mises à jour régulières afin de fournir adéquatement l'information attendue. Ainsi, dans l'évaluation de la qualité de l'information et des mesures d'adaptation qui en découlent, il faut tenir compte de cette exigence.

Enfin, pour plusieurs des indicateurs présentés, les données permettant de les quantifier ou de les localiser géographiquement ne sont pas disponibles, notamment pour les personnes travaillant à l'extérieur ou celles prenant des médicaments les rendant plus sensibles à la chaleur. L'indicateur permet tout de même d'adapter les messages de santé publique pouvant cibler et aider ces populations.

Les recommandations sont présentées en fonction des indicateurs suivants :

- Les conditions météorologiques (section 5.1);
- L'exposition à la chaleur (section 5.2);
- La sensibilité à la chaleur (section 5.3);
- L'adaptation de la santé publique à la chaleur (section 5.4);
- Les impacts sur la santé (section 5.5).

5.1 Les conditions météorologiques

La grande majorité des études confirme la pertinence d'utiliser des indicateurs de température maximale, de température minimale et de durée des périodes chaudes afin de définir l'intensité des périodes de vagues de chaleur pouvant produire des effets néfastes sur la santé. La durée minimale des vagues à surveiller avoisine les trois jours et les valeurs seuils de température pour ce type de vagues varient grandement selon les régions étudiées en fonction des analyses de surmortalité. De même, plus la durée de la vague est longue, plus la vague est dangereuse pour la santé. De plus, des pistes signalent que les vagues de chaleur arrivant tôt dans la saison auraient un impact plus important sur la santé. Il est également pertinent de tenir compte dans l'évaluation des conditions météorologiques des données concernant l'humidité et la pollution atmosphérique locales au

moment de la vague de chaleur. Une humidité ou une pollution atmosphérique élevée peut accentuer les impacts négatifs des vagues de chaleur sur la santé. Les recommandations concernant ces indicateurs sont résumées dans le tableau 2.

Tableau 2 Indicateurs des conditions météorologiques

Indicateurs	Disponibilité		Recommandations*
	SUPREME	Géo portail	
<ul style="list-style-type: none"> La température 	Oui	Non	Garder les indicateurs de température actuellement disponibles. La mise à jour régulière des seuils de chaleur est nécessaire.
<ul style="list-style-type: none"> La durée de la vague 	Oui	Non	À l'heure actuelle, une durée minimale de 3 jours est utilisée pour lancer une alerte de vague de chaleur extrême, mais la durée totale prévue de la vague ne fait pas partie de l'alerte. La durée totale prévue de la vague de chaleur pourrait être ajoutée aux avertissements de chaleur extrême de SUPREME.
<ul style="list-style-type: none"> Le moment de la survenue de la vague 	Oui	Non	Les plans d'intervention pourraient traiter plus particulièrement des vagues de chaleur arrivant tôt dans la saison estivale.
<ul style="list-style-type: none"> L'humidité 	Oui	Non	Garder cet indicateur en tenant compte que l'humidité et la pollution atmosphérique locales peuvent accentuer les impacts négatifs des vagues de chaleur sur la santé.
<ul style="list-style-type: none"> La pollution atmosphérique 	Oui	Non	
<ul style="list-style-type: none"> La vitesse du vent 	Non	Non	N'ont pas été considérés dans les études consultées ou il n'y a pas de justification pour les inclure.
<ul style="list-style-type: none"> La masse d'air 	Non	Non	

* En **gras**, les recommandations méritant une attention particulière.

5.2 L'exposition à la chaleur

Les populations travaillant à l'extérieur, vivant dans l'isolement social ou avec une mobilité réduite seraient davantage exposées à la chaleur. Une mention spéciale concernant l'utilisation de ventilateurs et de climatiseurs est nécessaire : l'utilisation des ventilateurs serait plus appropriée que ce qu'on croyait tandis que l'utilisation des climatiseurs ne serait pas exempte de désavantages. Les recommandations concernant leur utilisation lors des vagues de chaleur devraient donc être revues. Les données concernant la défavorisation matérielle, les îlots de chaleur, l'utilisation de climatiseurs, la densité de la population, la condition du logement et la défavorisation sociale doivent être conservées et mises à jour régulièrement, idéalement en même temps que la publication des résultats du recensement quinquennal. Les recommandations concernant ces indicateurs sont résumées dans le tableau 3.

Tableau 3 Indicateurs d'exposition à la chaleur

Indicateurs	Disponibilité		Recommandations*
	SUPREME	Géo portail	
<ul style="list-style-type: none"> La défavorisation matérielle 	Oui**	Oui	Garder cet indicateur. Des mises à jour sont nécessaires régulièrement.
<ul style="list-style-type: none"> Îlot de chaleur intra-urbain 	Oui**	Oui	
<ul style="list-style-type: none"> La climatisation 	Oui**	Oui	
<ul style="list-style-type: none"> La ventilation 	Non	Non	Revoir les messages de santé publique liés à cet indicateur.
<ul style="list-style-type: none"> La densité de la population 	Non	Oui	Les nouvelles références ne sont pas concluantes, mais on peut garder l'indicateur existant.
<ul style="list-style-type: none"> La condition du logement 	Oui**	Oui	Garder cet indicateur. Des mises à jour sont nécessaires régulièrement.
<ul style="list-style-type: none"> Le travail à l'extérieur 	Non	Non	Adapter les messages de santé publique pour ces populations. Mettre à jour régulièrement les données sur la défavorisation sociale.
<ul style="list-style-type: none"> L'isolement social 	Oui**	Oui	
<ul style="list-style-type: none"> La mobilité réduite 	Non	Non	
<ul style="list-style-type: none"> La sécurité du quartier 	Non	Non	Pas de nouvelles références. L'ajout de cet indicateur ne semble pas nécessaire pour le moment.
<ul style="list-style-type: none"> L'isolement culturel 	Non	Oui	Les nouvelles références ne semblent pas appuyer la pertinence de cet indicateur, mais on peut garder l'existant.

* En **gras**, les recommandations méritant une attention particulière.

** Disponibles dans l'onglet « cartes de vulnérabilité ».

5.3 La sensibilité à la chaleur

D'un côté, les indicateurs concernant la sensibilité à la chaleur, comme l'âge et la morbidité préexistante, disponibles actuellement dans SUPREME et sur le Géo portail, sont pertinents pour des fins de vigie et de surveillance liées à la chaleur.

D'un autre côté, les femmes enceintes peuvent être plus sensibles à la chaleur et des mesures préventives, telles que la climatisation et l'hydratation par temps chaud, devraient être envisagées pour inclusion dans les messages publics. Également, les recommandations de santé publique concernant la condition physique, la prise de certains médicaments et l'abus de substances devraient être revues en vue des résultats des études récentes. Cependant, à l'heure actuelle, aucun indicateur lié à ces variables n'est disponible dans SUPREME. Les recommandations concernant ces indicateurs sont résumées dans le tableau 4.

Tableau 4 Indicateurs de sensibilité à la chaleur

Indicateurs	Disponibilité		Recommandations*
	SUPREME	Géo portail	
<ul style="list-style-type: none"> ■ L'âge 	Oui**	Oui	Les nouvelles références ne semblent pas concluantes, mais on peut garder les indicateurs existants.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Le sexe 	Non	Non	
<ul style="list-style-type: none"> ■ La condition physique et le poids 	Non	Non	Adapter les messages de santé publique pour les populations avec surpoids ou en mauvaise condition physique.
<ul style="list-style-type: none"> ■ La morbidité préexistante 	Oui**	Oui	Garder cet indicateur. Adapter les messages de santé publique et mettre à jour régulièrement les données.
<ul style="list-style-type: none"> ■ La prise de certains médicaments 	Non	Non	Adapter les messages de santé publique pour ces populations.
<ul style="list-style-type: none"> ■ L'abus de substances 	Non	Non	

* En **gras**, les recommandations méritant une attention particulière.

** Disponibles dans l'onglet « cartes de vulnérabilité ».

5.4 L'adaptation de la santé publique à la chaleur

Un système d'alerte précoce de chaleur et un plan d'intervention adéquats peuvent réduire l'excès de risque de morbidité et de mortalité lié aux vagues de chaleur. Il a été estimé que le rapport entre les frais d'exploitation d'un tel système et le bénéfice associé au nombre de vies sauvées est de l'ordre de 1 : 2 200.

L'évaluation continue de l'efficacité d'un système d'alerte pour prédire les vagues de chaleur et d'un plan d'intervention pour réduire les impacts sur la santé est essentielle afin de favoriser la réduction du nombre de cas de maladies et de décès liés à la chaleur. La méthodologie pour évaluer l'efficacité du système d'alerte a été proposée (Ferro et Stephenson, 2011) et l'efficacité du système SUPREME semble adéquate (Bustanza, Lebel et Dubé, 2017a). Une méthodologie uniforme pour évaluer les plans d'intervention des différentes régions sociosanitaires pourrait néanmoins être discutée afin de pouvoir d'abord évaluer adéquatement la pertinence des plans et en comparer les résultats par la suite. Les recommandations concernant ces indicateurs sont résumées dans le tableau 5.

Tableau 5 Indicateurs d'adaptation de la santé publique à la chaleur

Indicateurs	Recommandations*
<ul style="list-style-type: none"> ■ Système d'alerte précoce adéquat 	<p>Prévoir des évaluations de performance régulières quant à la capacité de prédiction des vagues de chaleur.</p> <p>De plus, le système d'alerte doit incorporer les nouveaux seuils de chaleur établis dans les mises à jour (voir tableau 2 : indicateurs des conditions météorologiques).</p> <p>La capacité à susciter l'adoption de comportements préventifs serait aussi intéressante à évaluer pour les systèmes d'alerte directs, SATA par exemple, s'ils sont implantés à grande échelle.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Plan d'intervention adéquat 	<p>Mise à jour continue du plan d'intervention.</p> <p>Considérer développer une méthodologie adéquate pour l'évaluation de l'efficacité des plans d'intervention régionaux. Les indicateurs d'évaluation pourraient s'inspirer des composantes d'un plan d'intervention suggérées par Santé Canada (2011) (voir section 3.4.2 : Plan d'intervention).</p>

* En **gras**, les recommandations méritant une attention particulière.

5.5 Les impacts sur la santé

Tous les indicateurs sanitaires utilisés dans la vigie et la surveillance sanitaire de la chaleur, tels que les transports ambulanciers, les admissions à l'urgence toutes causes, les hospitalisations toutes causes et la mortalité toutes causes, sont pertinents à la lumière des résultats de cette mise à jour. L'indicateur sur les transports ambulanciers semble particulièrement sensible aux vagues de chaleur. Quant aux admissions à l'urgence, elles se révèlent un meilleur indicateur que les transports ambulanciers pour les troubles mentaux. En outre, le risque d'hospitalisation pour maladie cardiovasculaire augmente significativement avec la chaleur. Une revue systématique récente signale une augmentation significative du risque de suicide en lien avec la chaleur. Les recommandations concernant ces indicateurs sont résumées dans le tableau 6.

Tableau 6 Indicateurs d'impacts sur la santé

Indicateurs	Disponibilité		Recommandations*
	SUPREME	Géo portail	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Les transports ambulanciers 	Oui	Non	Garder l'indicateur sur le transport ambulancier. Cet indicateur est aussi disponible en temps réel et pourrait être ajouté au SUPREME**. Étant donnée la bonne sensibilité de l'indicateur, il pourrait bien être un bon indicateur de vigie.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Les admissions à l'urgence 	Oui	Non	Garder cet indicateur. Cet indicateur est aussi disponible en temps réel et pourrait être ajouté au SUPREME**. Les messages de santé devraient cibler les personnes avec problèmes de santé mentale.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Les hospitalisations 	Oui	Non	Garder cet indicateur. Les messages de santé devraient cibler les femmes enceintes à cause du risque de prématurité et de décollement placentaire.
<ul style="list-style-type: none"> ■ La mortalité 	Oui	Non	Garder cet indicateur. Les messages de santé devraient aussi cibler les personnes avec des pensées suicidaires.

* En **gras**, les recommandations méritant une attention particulière.

** À l'heure actuelle, une demande a été faite à la Direction des technologies de l'information de l'INSPQ pour ajouter ces indicateurs au système SUPREME.

6 Références

- Adam-Poupart, A., Smargiassi, A., Busque, M.-A., Duguay, P., Fournier, M., Zayed, J. et Labrèche, F. (2014). Summer outdoor temperature and occupational heat-related illnesses in Quebec (Canada). *Environmental Research*, 134, 339-344.
- Adam-Poupart, A., Smargiassi, A., Busque, M.-A., Duguay, P., Fournier, M., Zayed, J., Labrèche, F. (2015). Effect of summer outdoor temperatures on work-related injuries in Québec (Canada). *Occupational and Environmental Medicine*, 72(5), 338-345.
- Agence européenne pour l'environnement. (2019). *Il est nécessaire d'en faire plus pour protéger les citoyens européens les plus vulnérables contre la pollution atmosphérique, le bruit et les températures extrêmes*. Repéré à <https://www.eea.europa.eu/fr/highlights/il-est-necessaire-d2019en-faire>
- Alberini, A., Gans, W. et Alhassan, M. (2011). Individual and Public-Program Adaptation: Coping with Heat Waves in Five Cities in Canada. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(12), 4679-4701.
- Ali, A.-M. et Willett, K. (2015). What is the effect of the weather on trauma workload? A systematic review of the literature. *International Journal of the Care of the Injured*, 46(6), 945-953.
- Analitis, A., Michelozzi, P., D'Ippoliti, D., De'Donato, F., Menne, B., Matthies, F., ... Katsouyanni, K. (2014). Effects of heat waves on mortality: effect modification and confounding by air pollutants. *Epidemiology*, 25(1), 15-22.
- Anderson, G. B. et Bell, M. L. (2011). Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities. *Environmental Health Perspectives*, 119, 210-218.
- Arbuthnott, K., Hajat, S., Heaviside, C. et Vardoulakis, S. (2016). Changes in population susceptibility to heat and cold over time: assessing adaptation to climate change. *Environmental Health*, 15 suppl. 1, 33.
- Auger, N., Bilodeau-Bertrand, M., Labesse, M. E. et Kosatsky, T. (2017). Association of elevated ambient temperature with death from cocaine overdose. *Drug and Alcohol Dependence*, 178, 101-105.
- Auger, N., Fraser, W. D., Arbour, L., Bilodeau-Bertrand, M. et Kosatsky, T. (2017). Elevated ambient temperatures and risk of neural tube defects. *Occupational and Environmental Medicine*, 74(5), 315-320.
- Auger, N., Fraser, W. D., Sauve, R., Bilodeau-Bertrand, M. et Kosatsky, T. (2017). Risk of Congenital Heart Defects after Ambient Heat Exposure Early In Pregnancy. *Environmental Health Perspectives*, 125(1), 8-14.
- Auger, N., Fraser, W. D., Smargiassi, A., Bilodeau-Bertrand, M. et Kosatsky, T. (2017). Elevated outdoor temperatures and risk of stillbirth. *International Journal of Epidemiology*, 46(1), 200-208.
- Auger, N., Fraser, W. D., Smargiassi, A. et Kosatsky, T. (2015). Ambient Heat And Sudden Infant Death: A Case-Crossover Study Spanning 30 Years in Montreal, Canada. *Environmental Health Perspectives*, 123(7), 712-716.

- Auger, N., Naimi, A. I., Smargiassi, A., Lo, E. et Kosatsky, T. (2014). Extreme heat and risk of early delivery among preterm and term pregnancies. *Epidemiology*, 25(3), 344-350.
- Bai, L., Li, Q., Wang, J., Lavigne, E., Gasparrini, A., Copes, R., ... Chen, H. (2016). Hospitalizations from Hypertensive Diseases, Diabetes, and Arrhythmia in Relation to Low and High Temperatures: Population-Based Study. *Scientific Reports*, 6, 30283.
- Bai, L., Li, Q., Wang, J., Lavigne, E., Gasparrini, A., Copes, R., ... Cakmak, S. (2018). Increased coronary heart disease and stroke hospitalisations from ambient temperatures in Ontario. *Heart*, 104(8), 673-679.
- Barnett, A. G., Tong, S. et Clements, A. C. (2010). What measure of temperature is the best predictor of mortality? *Environmental research*, 110(6), 604-11.
- Barreca, A. (2012). Climate change, humidity, and mortality in the United States. *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(1), p. 19-34.
- Bassil, K. L., Cole, D. C., Moineddin, R., Lou, W., Craig, A. M., Schwartz, B., et Rea, E. (2011). The relationship between temperature and ambulance response calls for heat-related illness in Toronto, Ontario, 2005. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 65(9), 829-831.
- Basu, R., Pearson, D., Malig, B., Broadwin, R. et Green, R. (2012). The effect of high ambient temperature on emergency room visits. *Epidemiology*, 23(6), 813-820.
- Bayentin, L., El Adlouni, S., Ouarda, T. B., Gosselin, P., Doyon, B. et Chebana, F. (2010). Spatial variability of climate effects on ischemic heart disease hospitalization rates for the period 1989-2006 in Quebec, Canada. *International journal of Health Geographics*, 9, 5.
- Bélanger, D., Bustinza, R. et Gosselin, P. (2015). *Médicaments et effets indésirables : recommandations cliniques en périodes de canicule*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/2036>
- Bélanger, D., Gosselin, P., Bustinza, R. et Campagna, C. (2019). *Changements climatiques et santé. Prévenir, soigner et s'adapter*. Presses de l'Université Laval : Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.pulaval.com/produit/changements-climatiques-et-sante-prevenir-soigner-et-s-adapter>
- Bélanger, D., Gosselin, P., Valois, P. et Abdous, B. (2008). *Vagues de chaleur au Québec méridional : adaptations actuelles et suggestions d'adaptation futures*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/es/node/2875>
- Bélanger, D., Gosselin, P., Valois, P. et Abdous, B. (2014). Perceived adverse health effects of heat and their determinants in deprived neighbourhoods: a cross-sectional survey of nine cities in Canada. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(11), 11028-11053.
- Bélanger, D., Gosselin, P., Valois, P. et Abdous, B. (2015). Caractéristiques et perceptions du quartier et du logement associées aux impacts sanitaires néfastes auto rapportés lorsqu'il fait très chaud et humide dans les secteurs urbains les plus défavorisés : étude transversale dans 9 villes du Québec : Rapport final. Institut national de recherche scientifique. Repéré à <http://espace.inrs.ca/2537/>

- Benmarhnia, T., Bailey, Z. Kaiser, D., Auger, N., King N. et Kaufman, J. S. (2016). A Difference-in-Differences Approach to Assess the Effect of a Heat Action Plan on Heat-Related Mortality, and Differences in Effectiveness According to Sex, Age, and Socioeconomic Status (Montreal, Quebec). *Environmental Health Perspectives*, 124(11), 1694-1699.
- Benmarhnia, T., Deguen, S., Kaufman, J. S. et Smargiassi, A. (2015). Vulnerability to Heat-related Mortality: A Systematic Review, Meta-analysis, and Meta-regression Analysis. *Epidemiology*, 26(6), 781-793.
- Benmarhnia, T., Kihal-Talantikite, W., Ragetti, M. S. et Deguen, S. (2017). Small-area spatiotemporal analysis of heatwave impacts on elderly mortality in Paris: A cluster analysis approach. *Science of the Total Environment*, 592, 288-294.
- Bethel, J. W. et Harger, R. (2014). Heat-Related Illness among Oregon Farmworkers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(9), 9273-9285.
- Blachère, J.-C. et Perreault, S. (2010). *Médicaments du système nerveux central et canicules : rapport et recommandations*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/1199>
- Blachère, J.-C. et Perreault, S. (2012a). *Médicaments des systèmes cardiovasculaire et rénal et canicules : rapport et recommandations*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/1446>
- Blachère, J.-C. et Perreault, S. (2012b). *Médicaments du système hormonal et canicules : rapport et recommandations*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/es/node/3771>
- Blachère, J.-C. et Perreault, S. (2013). *Médicaments des systèmes gastro-intestinal, urinaire, musculo-squelettique, immunitaire, autres médicaments, et canicules : rapport et recommandations*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/1791>
- Bobb, J. F., Peng, R. D., Bell, M. L. et Dominici, F. (2014). Heat-Related Mortality and Adaptation to Heat in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 122(8), 811-816.
- Boeckmann, M. et Rohn, I. (2014). Is planned adaptation to heat reducing heat-related mortality and illness? A systematic review. *BMC Public Health*, 14, 1112.
- Bolitho, A. et Miller, F. (2017). Heat as emergency, heat as chronic stress: policy and institutional responses to vulnerability to extreme heat. *Local Environment*, 22(6), 682-698.
- Bunker, A., Wildenhain, J., Vandenberg, A., Henschke, N., Rocklöv, J., Hajat, S. et Sauerborn, R. (2016). Effects of Air Temperature on Climate-Sensitive Mortality and Morbidity Outcomes in the Elderly; a Systematic Review and Meta-analysis of Epidemiological Evidence. *EBioMedicine*, 6, 258-268.
- Bustanza, R., Lebel, G. et Dubé, M. (2017a). *Évaluation de la performance des avertissements de chaleur extrême émis par le système SUPREME au Québec de 2010 à 2016*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/2291>

- Bustinza, R., Lebel, G. et Dubé, M. (2017b). Surveillance des impacts sanitaires des vagues de chaleur extrême sur la santé au Québec à l'été 2016. *Bulletin d'information en santé environnementale*. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/bise/surveillance-des-impacts-des-vagues-regionales-de-chaleur-extreme-sur-la-sante-au-quebec-l-ete-2016>
- Bustinza, R., Lebel, G., Gosselin, P., Bélanger, D. et Chebana, F. (2013). Health impacts of the July 2010 heat wave in Québec, Canada. *BMC Public Health*, 13(1), 56.
- Calkins, M. M., Isaksen, T. B., Stubbs, B. A., Yost, M. G. et Fenske, R. A. (2016). Impacts of extreme heat on emergency medical service calls in King County, Washington, 2007-2012: relative risk and time series analyses of basic and advanced life support. *Environmental Health*, 15(1), 13.
- Casati, B., Yagouti, A. et Chaumont, D. (2013). Regional Climate Projections of Extreme Heat Events in Nine Pilot Canadian Communities for Public Health Planning. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 52(12), 2669-2698.
- Cassadou, S., Chardon, B., D'helf, M., Declercq, C., Eilstein, D., Fabre, P., Ledrans, M. (2004). Vague de chaleur de l'été 2003 : relations entre température, pollution atmosphérique et mortalité dans neuf villes françaises. Rapport d'étude. Institut de veille sanitaire. Repéré à http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=7047
- Centers for Disease Control and Prevention. (2017). Heat and People with Chronic Medical Conditions. Repéré à <https://www.cdc.gov/disasters/extremeheat/medical.html>
- Chang, H.-P., Li, C.-Y., Chang, Y.-H., Hwang S.-L., Su Y.-H., et Chen C.-W. (2013). Sociodemographic and meteorological correlates of sudden infant death in Taiwan. *Pediatrics International*, 55(1), 11-16.
- Chebana, F., Martel, B., Gosselin, P., Giroux, J.-X. et Ouarda, T. B. (2013). A general and flexible methodology to define thresholds for heat health watch and warning systems, applied to the province of Québec (Canada). *International Journal of Biometeorology*, 57(4), 631-644.
- Chen, H., Wang, J., Li, Q., Yagouti, A., Lavigne, E., Foty, R., ... Copes, R. (2016). Assessment of the effect of cold and hot temperatures on mortality in Ontario, Canada: a population-based study. *CMAJ OPEN*, 4(1), e48-e58.
- Cheng, C. S., Campbell, M., Li, Q., Li, G., Auld, H., Day, N., ... Maciver, D. (2008). Differential and combined impacts of extreme temperatures and air pollution on human mortality in south-central Canada. Part I: historical analysis. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1(4), 209-222.
- Curtis, S., Fair, A., Wistow, J., Val, D. V., et Oven, K. (2017). Impact of extreme weather events and climate change for health and social care systems. *Environmental Health*, 16(1), p. 128.
- Cusack, L., De Crespigny, C. et Athanasos, P. (2011). Heatwaves and their impact on people with alcohol, drug and mental health conditions: a discussion paper on clinical practice considerations. *Journal of Advanced Nursing*, 67(4), 915-922.
- D'ippoliti, D., Michelozzi, P., Marino, C., de'Donato, F., Menne, B., Katsouyanni, K., ... Perucci, C. A. (2010). The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environmental Health*, 9.
- De Munck, C., Pigeon, G., Masson, V., Meunier, F., Bousquet, P., Tréméac, B., ... Marchadier, C. (2013). How much can air conditioning increase air temperatures for a city like Paris, France? *International Journal of Climatology*, 33(1), 210-227.

- Dousset, B., Gourmelon, F., Giraudet, E., Laaidi, K., Zeghnoun, A. et Bretin P. (2011). *Évolution climatique et canicule en milieu urbain : apport de la télédétection à l'anticipation et à la gestion de l'impact sanitaire*. Foundation MAIF. Repéré à <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00620833/document>
- Dutta, P., Rajiva, A., Andhare, D., Azhar, G. S., Tiwari, A., Sheffield, P. et Ahmedabad Heat And Climate Study Group (2015). Perceived heat stress and health effects on construction workers. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 19(3), 151-158.
- Ebi, K., Teisberg, T., Kalkstein, L., Robinson L. et Weiher, R. (2004). Heat Watch/Warning Systems Save Lives: Estimated Costs and Benefits for Philadelphia 1995–98. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85, 1067-1073.
- Ferro, C. A. T. et Stephenson, D. B. (2011). Extremal Dependence Indices: Improved Verification Measures for Deterministic Forecasts of Rare Binary Events. *Weather and Forecasting*, 26(5), 699-713.
- Fortune, M., Mustard, C. et Brown, P. (2014). The use of Bayesian inference to inform the surveillance of temperature-related occupational morbidity in Ontario, Canada, 2004-2010. *Environmental Research*, 132, 449-456.
- Gabriel, K. M. et Endlicher, W. R. (2011). Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environmental Pollution*, 159(8-9), 2044-2050.
- Gachon, P., Bussièrès, L., Gosselin, P., Raphoz, M., Bustinza, R., Martin, P., ... Yagouti, A. (2016). Guide pour l'identification des seuils d'alertes aux canicules au Canada basés sur les données probantes. Coédité par l'Université du Québec à Montréal, *Environnement et Changement climatique Canada*, l'Institut national de santé publique du Québec, et Santé Canada. Repéré à https://archipel.uqam.ca/9080/1/Gachon_et_al_2016_Guide_Canicule_FR.pdf
- Gagnon, D. et Crandall, C. G. (2017). Electric fan use during heat waves: Turn off for the elderly? *Temperature: Multidisciplinary Biomedical Journal*, 4(2), 104-106.
- Gagnon, D., Romero, S. A., Cramer, M. N., Jay, O. et Crandall, C. G. (2016). Cardiac and Thermal Strain of Elderly Adults Exposed to Extreme Heat and Humidity With and Without Electric Fan Use. *Journal of the American Medical Association*, 316(9), 989-991.
- Gasparri, A. et Armstrong, B. (2011). The impact of heat waves on mortality. *Epidemiology*, 22(1), 68-73.
- Gasparri, A., Armstrong, B., Kovats S. et Wilkinson, P. (2012). The effect of high temperatures on cause-specific mortality in England and Wales. *Occupational and Environmental Medicine*, 69(1), 56-61.
- Gasparri, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., ... Armstrong, B. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *The Lancet*, 386(9991), 369-375.
- Graham, D. A., Vanos, J. K., Kenny, N. A. et Brown, R. D. (2016). The relationship between neighbourhood tree canopy cover and heat-related ambulance calls during extreme heat events in Toronto, Canada. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20, 180-186.

- Gronlund, C. J. (2014). Racial and socioeconomic disparities in heat-related health effects and their mechanisms: a review. *Current Epidemiology Reports*, 1(3), 165-173.
- Gronlund, C. J., Zanobetti, A., Wellenius, G. A., Schwartz, J. D. et O'Neill, M. S. (2016). Vulnerability to Renal, Heat and Respiratory Hospitalizations During Extreme Heat Among U.S. Elderly. *Climatic Change*, 136(3), 631-645.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. (2014). Changements climatiques 2014 : incidences, adaptation et vulnérabilité : résumé à l'intention des décideurs. Genève, Suisse, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. (2018). Global warming of 1.5°C. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Repéré à <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Guo, Y. (2017). Hourly associations between heat and ambulance calls. *Environmental Pollution*, 220(Pt B), 1424-1428.
- Guo, Y., Gasparrini, A., Li, S., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., ... Tong, S. (2018) Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: A multicountry time series modelling study. *PLoS Med*, 15(7), e1002629.
- Hattis, D., Ogneva-Himmelberger, Y. et Ratick, S. (2012). The spatial variability of heat-related mortality in Massachusetts. *Applied Geography*, 33, 45-52.
- Hayes, K. et Poland, B. (2018). Addressing Mental Health in a Changing Climate: Incorporating Mental Health Indicators into Climate Change and Health Vulnerability and Adaptation Assessments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(9).
- Hayhoe, K., Sheridan, S., Kalkstein, L. et Greene, S. (2010). Climate change, heat waves, and mortality projections for Chicago. *Journal of Great Lakes Research*, 36(sp2), 65-73.
- He, S., Kosatsky, T., Smargiassi, A., Bilodeau-Bertrand, M. et Auger, N. (2018). Heat and pregnancy-related emergencies: Risk of placental abruption during hot weather. *Environment International*, 111, 295-300.
- Henderson, S. B., Wan, V. et Kosatsky, T. (2013). Differences in heat-related mortality across four ecological regions with diverse urban, rural, and remote populations in British Columbia, Canada. *Health & Place*, 23, 48-53.
- Huynen, M. M. et Martens, P. (2015). Climate change effects on heat- and cold-related mortality in the Netherlands: a scenario-based integrated environmental health impact assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(10), p. 13295-13320.
- Jakson, L. et Rosenberg, H. (2010). Preventing heat-related illness among agricultural workers. *Journal of Agromedicine*, 15(3), 200-215.
- Jay, O., Cramer, M. N., Ravanelli, N. M. et Hodder, S. G. (2015). Should electric fans be used during a heat wave? *Applied Ergonomics*, 46, 137-143.

- Kenney, W. L., Craighead, D. H. et Alexander, L. M. (2014). Heat waves, aging, and human cardiovascular health. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(10), 1891-1899.
- Kenny, G. P., Yardley, J., Brown, C., Sigal, R. J. et Jay, O. (2010). Heat stress in older individuals and patients with common chronic diseases. *Canadian Medical Association Journal*, 182(10), 1053-1060.
- Khan, M. N., Khan, M. A., Khan, S. et Khan, M. M. (2018). Effect of air conditioning on global warming and human health. Dans Oves, M., Zain Khan, M. et M.I. Ismail, I. (dir.), *Modern age environmental problems and their remediation* (p. 83-94). Springer, Cham. Repéré à https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-64501-8_5#citeas
- Kilbourne, E. M. (2002). Heat-related illness: current status of prevention efforts. *American journal of preventive medicine*, 22(4), 328-329.
- Kosatsky, T. (2005). The 2003 European heat waves. *Eurosurveillance*, 10(7), 148-149.
- Kosatsky, T., Henderson, S. B. et Pollock, S. L. (2012). Shifts in mortality during a hot weather event in Vancouver, British Columbia: rapid assessment with case-only analysis. *American journal of public health*, 102(12), 2367-2371.
- Kovats, R. S., et Hajat, S. (2008). Heat stress and public health: a critical review. *Annual review of public health*, 29, 41-55.
- Laaidi, K., Ung, A., Wagner, V., Beaudou, P. et Pascal, M. (2012). *Système d'alerte canicule et santé : principes, fondements et évaluation*. France : Institut de veille sanitaire.
- Laaidi, K., Zeghnoun, A., Dousset, B., Bretin, P., Vandentorren, S., Giraudet, E. et Beaudou, P. (2012). The impact of Heat Islands on Mortality in Paris during the August 2003 Heat Wave. *Environmental health perspectives*, 120(2), 254-259.
- Laplante, L. et Roman S. (2006). *Guide d'intervention : chaleur accablante : volet santé publique*. Québec : Comité chaleur accablante de la TNCSE du MSSS.
- Larrivée, C., Sinclair-Désigné, N., Da Silva, L., Révéret, J. et Desjarlais, C. (2015). Évaluation des impacts des changements climatiques et de leurs coûts pour le Québec et l'État québécois. Québec : Ouranos. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/evaluation-impacts-cc-couts-qq-etat.pdf>
- Laverdière, É., Généreux, M., Gaudreau, P., Morais, J. A., Shatenstein, B. et Payette, H. (2015). Prevalence of risk and protective factors associated with heat-related outcomes in Southern Quebec: A secondary analysis of the NuAge study. *Canadian journal of public health*, 106(5), e315-e321.
- Laverdière, E., Payette, H., Gaudreau, P., Morais, J. A., Shatenstein, B. et Genereux, M. (2016). Risk and protective factors for heat-related events among older adults of Southern Quebec (Canada): The NuAge study. *Revue canadienne de sante publique*, 107(3), e258-e265.
- Lavigne, E., Gasparrini, A., Wang, X., Chen, H., Yagouti, A., Fleury, M. D. et Cakmak, S. (2014). Extreme ambient temperatures and cardiorespiratory emergency room visits: assessing risk by comorbid health conditions in a time series study. *Environmental health*, 13(1), 5.

- Lebel, G., Bustinza, R. et Dubé, M. (2015). *Évaluation du fichier hebdomadaire des décès pour l'estimation des impacts des vagues de chaleur*. Québec : Institut national de santé publique du Québec. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1962_Evaluation_Fichier_Deces_Impact_Chaleur.pdf
- Lebel, G., Bustinza, R. et Dubé, M. (2017). *Analyse des impacts des vagues régionales de chaleur extrême sur la santé au Québec de 2010 à 2015*. Québec : Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/2221>
- Lebel, G., Dubé, M. et Bustinza, R. (2019). Surveillance des impacts des vagues de chaleur extrême sur la santé au Québec à l'été 2018. *Bulletin d'information en santé environnementale*. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/bise/surveillance-des-impacts-des-vagues-de-chaleur-extreme-sur-la-sante-au-quebec-l-ete-2018>
- Lemyre, L., Beaudry, M. et Yong, A. G. (2017). Les aspects psychosociaux de la perception et de la communication des risques. Dans Motulsky, B., Guindon, J. B. et Tanguay-Hébert, F. (dir.). *Communication des risques météorologiques et climatiques*. Montréal : Presses de l'Université du Québec.
- Li, M., Gu, S., Bi, P., Yang, J. et Liu., Q. (2015). Heat waves and morbidity: current knowledge and further direction-a comprehensive literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(5), 5256-5283.
- Lian, H., Yanping, R., Ruijuan, L., Xiaole, L. et Zhongjie, F. (2015). Short-Term Effect of Ambient Temperature and the Risk of Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8), 9068-9088.
- Lim, Y.-H., So, R., Lee, C., Hong, Y.-C., Park, M., Kim, L. et Yoon, H.-J. (2018). Ambient temperature and hospital admissions for acute kidney injury: A time-series analysis. *Science of the Total Environment*, 616-617, 1134-1138.
- Liotta, G., Inzerilli, M. C., Palombi, L., Madaro, O., Orlando, S., Scarcella, P., ... Marazzi, M. C. (2018). Social Interventions to Prevent Heat-Related Mortality in the Older Adult in Rome, Italy: A quasi-experimental study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4).
- Lundgren-Kownacki, K., Gao, C., Kuklane, K. et Wierzbicka, A. (2019). Heat Stress in Indoor Environments of Scandinavian Urban Areas: A Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4), p. 560.
- Lundgren-Kownacki, K., Hornyanszky, E. D., Chu, T. A., Olsson, J. A. et Becker, P. (2018). Challenges of using air conditioning in an increasingly hot climate. *International journal of biometeorology*, 62(3), 401-412.
- Lundgren, K., Kuklane, K., Gao, C. et Holmér, I. (2013). Effects of heat stress on working populations when facing climate change. *Industrial health*, 51(1), 3-15.
- Mares, D. (2013). Climate change and levels of violence in socially disadvantaged neighborhood groups. *Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine*, 90(4), 768-783.
- Martin, P., Baudouin, Y., Gachon, P. et Simard, G. (2014). An alternative method to characterize the surface urban heat island. *International Journal of Biometeorology*, (59), 849-861.

- McInnes, J. A., Macfarlane, E. M., Sim, M. R. et Smith, P. (2017). Working in hot weather: a review of policies and guidelines to minimise the risk of harm to Australian workers, *Injury Prevention*, 23(5), 334-339.
- Mclean, K. E., Stranberg, R., Macdonald, M., Richardson, G. R. A., Kosatsky, T. et Henderson, S. B. (2018). Establishing heat alert thresholds for the varied climatic regions of British Columbia, Canada, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(9).
- Mehiriz, K., et Gosselin, P. (2017). Évaluation du projet pilote d'alertes téléphoniques automatisées pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog. Québec : Institut national de la recherche scientifique. Repéré à <http://espace.inrs.ca/6285/>
- Mehiriz, K., Gosselin, P., Tardif, I. et Lemieux, M.-A. (2018). The effect of an automated phone warning and health advisory system on adaptation to high heat episodes and health services use in vulnerable groups-evidence from a randomized controlled study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8).
- Mishra, V., Ganguly, A. R., Nijssen, B. et Lettenmaier, D. P. (2015). Changes in observed climate extremes in global urban areas. *Environmental Research Letters*, 10(2).
- Moghadamnia, M. T., Ardalan, A., Mesdaghinia, A., Keshtkar, A., Naddafi K. et Yekaninejad, M. S. (2017). Ambient temperature and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ*, 5, e3574.
- Nag, P. K., Nag, A. et Ashtekar, S. P. (2007). Thermal Limits of Men in Moderate to Heavy Work in Tropical Farming. *Industrial Health*, 45(1), 107-117.
- Nerbass, F. B., Pecoits-Filho, R., Clark, W. F., Sontrop, J. M., McIntyre, C. W. et Moist, L. (2017). Occupational Heat Stress and Kidney Health: From Farms to Factories. *Kidney International Reports*, 2(6), 998-1008.
- Ng, F. Y., Wilson, L. A. et Veitch, C. (2015). Climate adversity and resilience: the voice of rural Australia. *Rural and Remote Health*, 15(4), 3071.
- Nitschke, M., Hansen, A., Bi, P., Pisaniello, D., Newbury, J., Kitson, A., ... Avery, J. (2013). *Adaptive capabilities in the elderly during extreme heat events in South Australia*. Australia : Government of South Australia.
- Nordio, F., Zanobetti, A. Colicino, E., Kloog, I. et Schwartz, J. (2015). Changing patterns of the temperature-mortality association by time and location in the US, and implications for climate change. *Environment International*, 81, 80-86.
- Oleson, K., Monaghan, A., Wilhelmi, O., Barlage, M., Brunsell, N., Feddema, J. ... Steinhoff, D. F. (2013). Interactions between urbanization, heat stress, and climate change. *Climatic Change*, 129(3-4), 525-541.
- Ordon, M., Welk, B., Li, Q., Wang, J., Lavigne, E., Yagouti, A ... Chen, H. (2016). Ambient Temperature and the Risk of Renal Colic: A Population-Based Study of the Impact of Demographics and Comorbidity. *Journal of Endourology*, 30(10), 1138-1143.
- Organisation mondiale de la Santé (2015a). *Cadre opérationnel pour renforcer la résilience des systèmes de santé face au changement climatique*. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la Santé. Repéré à <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258818/9789242565072-fre.pdf?sequence=1>

- Organisation mondiale de la Santé (2015b). *Protéger la santé face au changement climatique : évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation*. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la Santé. Repéré à https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/151810/9789242564686_fre.pdf?sequence=1
- Organisation mondiale de la Santé. (2011). Public health advice on preventing health effects of heat. New and updated information for different audiences. Repéré à <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Climate-change/publications/2011/public-health-advice-on-preventing-health-effects-of-heat.-new-and-updated-information-for-different-audiences>
- Organisation mondiale de la Santé. (2018). Health and Global Environmental Change, Series, No. 2. Repéré à http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/96965/E82629.pdf
- Ostro, B., Rauch, S., Green, R., Malig, B. et Basu, R. (2010). The effects of temperature and use of air conditioning on hospitalizations. *American Journal of Epidemiology*, 172(9), 1053-1061.
- Ouranos (2015). Vers l'adaptation : Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec, Édition 2015. Montréal : Ouranos. Repéré à <https://www.ouranos.ca/synthese-2015/>
- Page, L. A., Hajat, S., Kovats, R. S. et Howard, L. M. (2012). Temperature-related deaths in people with psychosis, dementia and substance misuse. *British Journal of Psychiatry*, 200(6), 485-490.
- Phung, D., Thai, P. K., Guo, Y., Morawska, L., Rutherford, S. et Chu, C. (2016). Ambient temperature and risk of cardiovascular hospitalization: an updated systematic review and meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 550, 1084-1102.
- Public Health England. (2018). *Heatwave plan for England: Protecting health and reducing harm from severe heat and heatwaves*. Repéré à https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/711503/Heatwave_plan_for_England_2018.pdf
- Rameezdeen, R., et Elmualim, A. (2017). The Impact of Heat Waves on Occurrence and Severity of Construction Accidents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(1), 70.
- Ravanelli, N. M., et Jay, O. (2016). Electric fan use in heat waves: turn on or turn off? *Temperature: Multidisciplinary Biomedical Journal*, 3(3), 358-360.
- Ravanelli, N. M., Gagnon, D., Hodder, S. G., Havenith, G. et Jay, O. (2017). The biophysical and physiological basis for mitigated elevations in heart rate with electric fan use in extreme heat and humidity. *International Journal of Biometeorology*, 61(2), 313-323.
- Ravanelli, N. M., Hodder, S. G., Havenith, G. et Jay, O. (2015). Heart rate and body temperature responses to extreme heat and humidity with and without electric fans. *Journal of the American Medical Association*, 313(7), 724-725.
- RegionsAdapt. (2018). *RegionsAdapt 2018 report: multi-level governance in climate change adaptation*. Brussels: Belgium. Network of regional governments for sustainable development.
- Roaf, S., Crichton, D. et Nicol, F. (2009). *Adapting Buildings and Cities for Climate Change : A 21st Century Survival Guide*. Amsterdam, Pays-Bas : Architectural Press.

- Salamanca, F., Martilli, A., Tewari, M. et Chen, F. (2011). A Study of the Urban Boundary Layer Using Different Urban Parameterizations and High-Resolution Urban Canopy Parameters with WRF. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50(5), 1107-1128.
- Santé Canada. (2011). *Adaptation aux périodes de chaleur accablante : Lignes directrices pour évaluer la vulnérabilité en matière de santé*. Ottawa : Ontario. Repéré à https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/climat/adapt/adapt-fra.pdf
- Santé Canada. (2018). *Élaboration de systèmes d'avertissement et d'intervention en cas de chaleur afin de protéger la santé : Guide des pratiques exemplaires*. Ottawa : Ontario. Repéré à https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/climat/response-intervention/response-intervention-fra.pdf
- Schaffer, A., Muscatello, D., Broome, R., Corbett, S. et Smith, W. (2012). Emergency department visits, ambulance calls, and mortality associated with an exceptional heat wave in Sydney, Australia, 2011: a time-series analysis. *Environmental Health*, 11(1), 3.
- Schmeltz, M. T., Sembajwe, G., Marcotullio, P. J., Grassman, J. A., Himmelstein, D. U. et Woolhandler, S. (2015). Identifying Individual Risk Factors and Documenting the Pattern of Heat-Related Illness through Analyses of Hospitalization and Patterns of Household Cooling. *PLOS One*, 10(3), e0118958.
- Smargiassi, A., Goldberg, M. S., Plante, C., Fournier, M., Baudouin, Y. et Kosatsky, T. (2009). Variation of daily warm season mortality as a function of micro-urban heat islands. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 63(8), 659.
- Smith, S. G., Jackson, S. E., Kobayashi, L. C. et Steptoe, A. (2018). Social isolation, health literacy, and mortality risk: findings from the English Longitudinal Study of Ageing. *Health Psychology*, 37(2), 160-169.
- Son, J.-Y., Lee, J.-T., Anderson, G. B. et Bell, M. L. (2012). The impact of heat waves on mortality in seven major cities in Korea. *Environmental health perspectives*, 120(4), 566-571.
- Spector, J. T., Krenz, J. et Blank, K. N. (2015). Risk factors for heat-related illness in Washington crop workers. *Journal of agromedicine*, 20(3), 349-359.
- Spector, J. T., Krenz, J., Rauser, E. et Bonauto, D. K. (2014). Heat-related illness in Washington State agriculture and forestry sectors. *American Journal of Industrial Medicine*, 57(8), 881-895.
- Statistique Canada. (2019). Tableau 38-10-0019-01 Climatiseurs. Repéré à <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3810001901>
- Stephenson, D. B., Casati, B., Ferro, C. A. T. et Wilson, C. A. (2008). The extreme dependency score: a non-vanishing measure for forecasts of rare events. *Meteorological Applications*, 15(1), 41-50.
- Stone, B., Hess, J. J. et Frumkin, H. (2010). Urban form and extreme heat events: are sprawling cities more vulnerable to climate change than compact cities? *Environmental Health Perspectives*, 118(10), 1425-1428.
- Strand, L. B., Barnett, A. G. et Tong, S. (2011). The influence of season and ambient temperature on birth outcomes: a review of the epidemiological literature. *Environmental Research*, 111(3), 451-462.
- Sun, Z., Chen, C., Xu, D. et Li, T. (2018). Effects of ambient temperature on myocardial infarction: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution*, 241, 1106-1114.

- Tairou, F. O., Bélanger, D. et Gosselin, P. (2010). Proposition d'indicateurs aux fins de vigie et de surveillance des troubles de la santé liés à la chaleur. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1079_IndicateursVigieSanteChaleur.pdf
- Thompson, R., Hornigold, R., Page, L. et Waite, T. (2018). Associations between high ambient temperatures and heat waves with mental health outcomes: a systematic review. *Public Health*, 161, 171-191.
- Toloo, G., FitzGerald, G., Aitken, P., Verrall, K. et Tong, S. (2013). Are heat warning systems effective? *Environmental Health*, 12(27).
- Toutant, S., Gosselin, P., Belanger, D., Bustinza, R. et Rivest, S. (2011). 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*, 10, 1-11.
- Turner, L. R., Barnett, A. G., Connell, D. et Tong, S. (2012). Ambient temperature and cardiorespiratory morbidity: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology*, 23(4), 594-606.
- U.S. Global Change Research Program. (2018). Impacts, risks, and adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II: Report-in-Brief. Washington, DC. Repéré à <https://www.globalchange.gov/nca4>
- Uejio, C. K., Wilhelmi, O. V., Golden, J. S., Mills, D. M., Gulino, S. P. et 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(2), 498-507.
- United States Environmental Protection Agency. (2014). Excessive heat events guidebook. Repéré à <https://www.epa.gov/heat-islands/excessive-heat-events-guidebook>
- Valois, P., Talbot, D., Renaud, J.-S., Caron, M. et Bouchard, D. (2018b). Suivi de l'adaptation à la chaleur chez les personnes habitant dans les dix villes les plus peuplées du Québec (no OQACC-008) (p. 73). Québec : Observatoire québécois de l'adaptation aux changements climatiques (OQACC). Repéré à http://www.monclimatmasante.qc.ca/Data/Sites/1/publications/OQACC-008_Rapport_etude_1.2_T2.pdf
- Valois, P., Talbot, D., Renaud, J.-S., Caron, M. et Bouchard, D. (2018a). Déterminants de l'adaptation à la chaleur l'été chez les personnes âgées. Observatoire québécois de l'adaptation aux changements climatiques. Repéré à http://www.monclimatmasante.qc.ca/Data/Sites/1/publications/OQACC_Rapport_etude_2.1_2018-02-07.pdf
- Vaneckova, P., Neville, G., Tippet, V., Aitken, P., FitzGerald, G. et Tong, S. (2011). Do biometeorological indices improve modeling outcomes of heat-related mortality? *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50(6), 1165-1176.
- Vanos, J. K. (2015). Children's health and vulnerability in outdoor microclimates: A comprehensive review. *Environment International*, 76, 1-15.
- Varghese, B. M., Hansen, A., Bi, P. et Pisaniello, D. (2018). Are workers at risk of occupational injuries due to heat exposure? A comprehensive literature review. *Safety Science*, 110, 380-392.

- Vida, S., Durocher, M., Ouarda, T. B. M. J. et Gosselin, P. (2012). Relationship between ambient temperature and humidity and visits to mental health emergency departments in Québec. *Psychiatric Services*, 63(11), 1150-1153.
- Waldhoer, T. et Heinzl, H. (2017). Exploring the possible relationship between ambient heat and sudden infant death with data from Vienna, Austria. *PlosOne*, 12(9), e0184312.
- Wang, X., Lavigne, E., Ouellette-Kuntz, H. et Chen, B. E. (2014). Acute impacts of extreme temperature exposure on emergency room admissions related to mental and behavior disorders in Toronto, Canada. *Journal of Affective Disorders*, 155, 154-161.
- Wang, Y., Bobb, J. F., Papi, B., Wang, Y., Kosheleva, A., Di, Q., ... Dominici, F. (2016). Heat stroke admissions during heat waves in 1,916 US counties for the period from 1999 to 2010 and their effect modifiers. *Environmental Health*, 15(1), 83.
- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K, Berry, H... Costello, A. (2018). The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *The Lancet*, 392(10163), 2479-2514. Repéré à <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2818%2932594-7>
- Williams, S., Hanson-Easey, S., Robinson, G., Pisaniello, D., Newbury, J., Saniotis, A. et Bi, P. (2017). Heat adaptation and place: experiences in South Australian rural communities. *Regional Environmental Change*, 17(1), 273-283.
- Xiang, J., Bi, P., Pisaniello, D. et Hansen, A. (2014a). Health Impacts of Workplace Heat Exposure: An Epidemiological Review. *Industrial Health*, 52(2), 91-101.
- Xiang, J., Bi, P., Pisaniello, D. et Hansen, A. (2014b). The impact of heatwaves on workers' health and safety in Adelaide, South Australia. *Environmental Research*, 133, 90-95.
- Xiang, J., Bi, P., Pisaniello, D., Hansen, A. et Sullivan, T. (2014). Association between high temperature and work-related injuries in Adelaide, South Australia, 2001-2010. *Occupational and Environmental Medicine*, 71(4), 246-252.
- Xu, Z., Etzel, R. A., Su, H., Huang, C., Guo, Y. et Tong, S. (2012). Impact of ambient temperature on children's health: a systematic review. *Environmental Research*, 117, 120-131.
- Xu, Z., FitzGerald, G., Guo, Y., Jalaludin, B. et Tong, S. (2016). Impact of heatwave on mortality under different heatwave definitions: a systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 89, 193-203.
- Xu, Z., Liu, Y., Ma, Z., Li, S., Hu, W. et Tong, S. (2014). Impact of temperature on childhood pneumonia estimated from satellite remote sensing. *Environmental Research*, 132, 334-341.
- Yu, W., Mengersen, K., Wang, X., Ye, X., Guo, Y., Pan, X. et Tong, S. (2012). Daily average temperature and mortality among the elderly: a meta-analysis and systematic review of epidemiological evidence. *International Journal of Biometeorology*, 56(4), 569-581.
- Zacharias, S., Koppe, C. et Mücke, H.-G. (2014). Influence of heat waves on ischemic heart diseases in Germany. *Climate*, 2, 133-152.
- Zhang, Y., Nitschke, M., Krackowizer, A., Dear, K., Pisaniello, D., Weinstein, P., ... Bi, P. (2017). Risk factors for deaths during the 2009 heat wave in Adelaide, Australia: a matched case-control study. *International Journal Of Biometeorology*, 61(1), 35-47.

