

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.....	14
2.4 Révision externe	14
3 Indicateurs des facteurs modulant les impacts du froid sur la santé	15
3.1 Conditions météorologiques liées au froid	15
3.1.1 Températures quotidiennes	15
3.1.2 Humidité de l'air	16
3.1.3 Vitesse du vent.....	17
3.1.4 Indices d'inconfort	17
3.1.5 Froids modérés	18
3.1.6 Froids extrêmes : durée et intensité	18
3.1.7 Froids extrêmes : moment de la survenue	19
3.1.8 Pollution atmosphérique	20
3.2 Exposition au froid	20
3.2.1 Défavorisation matérielle.....	21
3.2.2 Condition du logement	22
3.2.3 Résidence en milieu rural.....	22
3.2.4 Temps passé à l'extérieur.....	23
3.2.5 Isolement social	24
3.3 Sensibilité au froid	24
3.3.1 Âge.....	25
3.3.2 Sexe	26
3.3.3 Morbidité préexistante	27
3.3.4 Pays d'origine des immigrants	27
3.4 Mesures d'adaptation au regard du froid	28
3.4.1 Porter de vêtements chauds.....	28
3.4.2 Réduire le temps passé à l'extérieur	28
3.4.3 Améliorer le chauffage ou l'efficacité énergétique des logements.....	29
3.4.4 Mettre à la disposition de la population des refuges chauffés.....	29
3.4.5 Adopter des mesures de protection pour les travailleurs.....	30
3.4.6 Préparer un plan d'intervention	30
3.4.7 Monter un système d'alerte précoce pour les froids extrêmes.....	31

Sommaire

Depuis la dernière revue de la littérature concernant les indicateurs des troubles de la santé liés au froid réalisée par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) en 2010, de nombreux documents scientifiques, articles et littérature grise, ont été publiés. La présente mise à jour de l'information scientifique a comme objectifs :

- de vérifier la pertinence des indicateurs de vigilance et de surveillance en lien avec le froid et la santé des populations disponibles via le système de surveillance et de prévention des impacts sanitaires des événements météorologiques extrêmes (SUPREME) et le Géo portail de santé publique;
- de proposer l'ajout de nouveaux indicateurs en lien avec le froid et la santé des populations;
- d'évaluer la pertinence des mesures d'adaptation de santé publique proposées dans la littérature scientifique au regard du froid.

Pertinence des indicateurs actuellement disponibles

Les indicateurs de vigilance et de surveillance du froid actuellement disponibles dans le SUPREME (les températures maximales et minimales historiques et prévues, les avertissements de froid extrême et de smog hivernal d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), et les normales climatiques d'ECCC) sont pertinents à la lumière des résultats de cette mise à jour.

En général, il y a peu d'études réalisées au Québec analysant les impacts sur la santé du froid. Cela ne permet pas de tirer des conclusions plus précises pour la population québécoise.

Indicateurs météorologiques

- Les indicateurs météorologiques les plus pertinents pour prévoir les impacts du froid sur la santé sont les températures minimales et maximales, car leurs prédictions sont assez fiables.
- Les résultats des études sur l'importance de l'humidité sur les impacts sur la santé liés au froid ne sont pas concluants. De plus, les prévisions relatives à l'humidité seraient en général moins précises que celles des températures.

Indicateurs concernant les populations à risque

Indicateurs liés à l'exposition

- Les personnes vivant en situation de pauvreté seraient plus à risque à cause des coûts élevés du chauffage et des mauvaises conditions d'isolation des logements.

Indicateurs liés à la sensibilité

- Les risques liés au froid sur la santé seraient plus importants pour les personnes âgées lors des froids extrêmes, mais les études ne sont pas concluantes dans le cas des froids modérés. Les personnes âgées seraient plus sensibles aux impacts sanitaires liés au froid probablement à cause des changements physiologiques propres de l'âge et de la prévalence majeure de maladies chroniques, mais elles seraient aussi probablement plus exposées au froid en raison d'une défavorisation sociale majeure et des mauvaises conditions des logements.
- La présence de certaines maladies préexistantes - tabagisme, troubles mentaux, historique d'infarctus du myocarde, d'autres problèmes cardiaques, problèmes rénaux, abus de substances et maladies respiratoires - semble accroître les risques sur la santé, tant lors des froids modérés qu'extrêmes.

Indicateurs d'impacts du froid sur la santé

- Un indicateur sur le nombre des transports ambulanciers semble être approprié et sensible pour le suivi des impacts des froids extrêmes sur la santé.
- Le risque d'admission à l'urgence augmente significativement lors de périodes de froids modérés et extrêmes, surtout pour des causes cardiovasculaires et respiratoires.
- En général, les études analysant l'association entre les froids modérés ou les froids extrêmes et les hospitalisations ne sont pas concluantes. L'association la plus solide est celle avec les hospitalisations pour des maladies cardiovasculaires.
- La mortalité toutes causes confondues augmente de façon significative lors des périodes de froids modérés et de froids extrêmes.

Indicateurs des mesures d'adaptation

- Aucun indicateur disponible dans la littérature.

Proposition de nouveaux indicateurs

Indicateurs météorologiques

- L'indice climatique universel (Universal Thermal Climate Index ou UTCI), intégrant par exemple des informations sur l'équilibre thermique et les vêtements portés, semble prometteur pour évaluer l'exposition au froid. Ajouter cette information afin de compléter celle des températures pourrait améliorer la surveillance des impacts du froid sur la santé.
- Les périodes de froids extrêmes arrivant en début et en fin de saison hivernale semblent avoir un impact plus important sur la santé. Le plan d'intervention froid pourrait être modifié afin de porter une attention spéciale aux vagues de froid arrivant en décembre ou en mars.
- Les villes avec des hivers plus doux sont, par rapport aux villes avec des hivers plus intenses, celles qui présentent un risque plus élevé de subir des impacts sur la santé lors des vagues de froid. Les seuils de froid extrême pourraient considérer cet indicateur afin d'affiner les alertes.

Indicateurs concernant les populations à risque

- Les personnes vivant en situation d'itinérance sont plus à risque de subir des impacts du froid sur leur santé. Les quartiers ayant le plus de personnes dans cette situation pourraient être prioritaires lors des interventions.
- Les études sont rares, mais les personnes qui travaillent en hiver à l'extérieur seraient plus susceptibles de subir des impacts du froid sur leur santé.

Indicateurs d'impacts du froid sur la santé

- Les mortalités pour maladies cardiovasculaires et pour maladies cérébrovasculaires augmentent de façon significative lors des périodes de froids modérés ou de froids extrêmes. L'association entre le froid et la mortalité pour causes respiratoires n'est pas concluante.

Indicateurs des mesures d'adaptation

Mesures individuelles

- L'une des mesures d'adaptation au froid les plus répandues sur le plan individuel est le port de vêtements chauds. Des indicateurs concernant le suivi et la promotion du comportement seraient adéquats.
- Une autre mesure individuelle pour réduire l'exposition au froid consiste à passer moins de temps à l'extérieur. Également, il serait intéressant de développer des indicateurs sur le suivi et la promotion du comportement de cette mesure.

Mesures populationnelles

- Les mesures pour améliorer le chauffage ou l'efficacité énergétique des logements peuvent être bénéfiques pour la santé. Il serait pertinent d'avoir un indicateur sur le nombre de logements ayant amélioré le chauffage ou l'efficacité énergétique.
- Mettre à la disposition de la population des refuges chauffés peut aider à réduire les impacts du froid sur la santé. Il serait intéressant d'avoir des indicateurs sur le nombre de refuges, sur leur localisation, ainsi que sur leur utilisation lors des périodes de froid.
- Une façon de protéger les travailleurs est d'adopter des mesures visant la réduction de leur exposition au froid. Il serait approprié d'établir des seuils de température basés sur l'impact de la santé afin de rendre les conditions de travail sécuritaires.
- Un plan d'intervention inclut la communication des alertes, l'éducation de la population, l'accompagnement des personnes à risque et la mise en place des mesures de prévention et de protection. Il serait intéressant de développer des indicateurs de performance des plans d'intervention qui tiennent compte de tous ces volets.
- Étant donné que le Québec pourrait continuer à souffrir des hivers assez intenses et des vagues de froid, il serait pertinent de développer un système d'alerte précoce basé sur des données sanitaires afin de contrer les effets délétères potentiels du froid sur la santé. Les données nécessaires pour un tel système existent au Québec (données sanitaires et météorologiques) et, récemment, une étude a proposé des seuils de froid extrême pour les régions du Québec. Ce système fournirait, par ailleurs, l'information de base nécessaire pour une meilleure évaluation des impacts du froid sur la santé au Québec. Des indicateurs de performance du système d'alerte précoce seraient aussi pertinents.

Évaluation de la performance des mesures d'adaptation

L'évaluation de la performance de la plupart des mesures d'adaptation est généralement inexistante ou imprécise.

Mesures d'adaptation individuelles

- Aucune étude analysant l'effectivité du port de vêtements chauds afin de réduire l'exposition au froid n'a été répertoriée. On sait toutefois que la perte de chaleur du corps augmente dans des conditions humides et le pouvoir réchauffant des vêtements peut diminuer jusqu'à 90 % par rapport à des conditions sèches sans vent.
- Passer moins de temps à l'extérieur est une mesure individuelle recommandée pour réduire l'exposition au froid. Bien qu'il existe un lien entre le fait de passer du temps à l'extérieur, et un impact délétère sur la santé -surtout chez les travailleurs - l'efficacité de la mesure visant à réduire le temps passé à l'extérieur lors des vagues de froid ne semble pas avoir été évaluée.

Mesures d'adaptation populationnelles

- Les mesures d'adaptation pour réduire l'exposition au froid, comme la bonification de l'efficacité énergétique ou le chauffage domestique, semblent améliorer la santé respiratoire des enfants et des adultes asthmatiques. L'isolation du logement permet, quant à elle, de diminuer les coûts d'énergie et de faciliter ainsi le maintien d'une température optimale à l'intérieur.
- Les refuges chauffés pourraient diminuer les effets du froid sur la santé, particulièrement pour les personnes en situation d'itinérance. Toutefois, peu d'études se sont penchées sur les impacts de cette mesure sur la santé.
- Le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail propose des seuils de température acceptables pour le travail en fonction des variables hydrométéorologiques et du type de travail.
- Les programmes de santé, dont les plans d'intervention, peuvent utiliser les informations recueillies par la recherche ou les systèmes d'alerte précoce (par exemple, l'augmentation du nombre de patients et des besoins spéciaux) pour renforcer leurs capacités en matière de prise de décision et adapter le niveau d'intervention en conséquence. Un plan d'intervention pour s'attaquer au fardeau de l'hiver sur la santé doit commencer avant l'hiver, comprendre des recommandations d'action tout au long de l'hiver ainsi que des mesures d'urgence lors des vagues de froid. Le risque de décès augmente à mesure que les températures descendent, et la fréquence plus élevée de jours à des températures modérées signifie que le fardeau pour la santé est important tout au long de la saison hivernale. Cependant, étant donné qu'une plus grande charge de morbidité et mortalité survient ponctuellement lors des vagues de froid, les plans d'intervention doivent les prendre en considération également.
- Un système d'alerte collecte, analyse, interprète et diffuse systématiquement et continuellement des données d'évènements liés à la santé afin d'orienter les actions de santé publique et l'élaboration de politiques. Le fardeau du froid sur la santé survient tout au long de la saison hivernale à des températures froides relativement modérées. Cependant, étant donné qu'une plus grande charge ponctuelle de morbidité et de mortalité survient lors des vagues de froid, l'organisation d'un système d'alerte spécifique pour les vagues de froid est très pertinente. Les auteurs d'une publication récente ont développé un système d'alerte spécifique pour les impacts sur la santé du froid au Québec. L'étude a identifié des indicateurs météorologiques et a établi des seuils de température reliés à des excès importants de mortalité ou d'hospitalisation.

Mise en contexte

En 2010, une revue de la littérature scientifique a été réalisée par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) (Bustinza *et al.*, 2010) afin de proposer des indicateurs de vigie et de surveillance liés au froid. En 2010, également, le système de surveillance et de prévention des impacts sanitaires des événements météorologiques extrêmes (SUPREME) a été mis en place par l'INSPQ (Toutant *et al.*, 2011).

Étant donné le nombre important de documents scientifiques concernant l'effet du froid sur la santé publiés depuis, la Table de concertation nationale en santé environnementale (TCNSE) a mandaté l'INSPQ, à l'été 2018, de réaliser une mise à jour des informations scientifiques concernant les indicateurs de ce phénomène afin :

- de vérifier la pertinence des indicateurs disponibles dans le SUPREME et le Géo portail de santé publique et d'émettre des recommandations le cas échéant;
- de proposer, le cas échéant, l'ajout de nouveaux indicateurs;
- d'évaluer les mesures d'adaptation de santé publique au regard du froid répertoriées dans la littérature scientifique.

Le document est organisé en cinq sections :

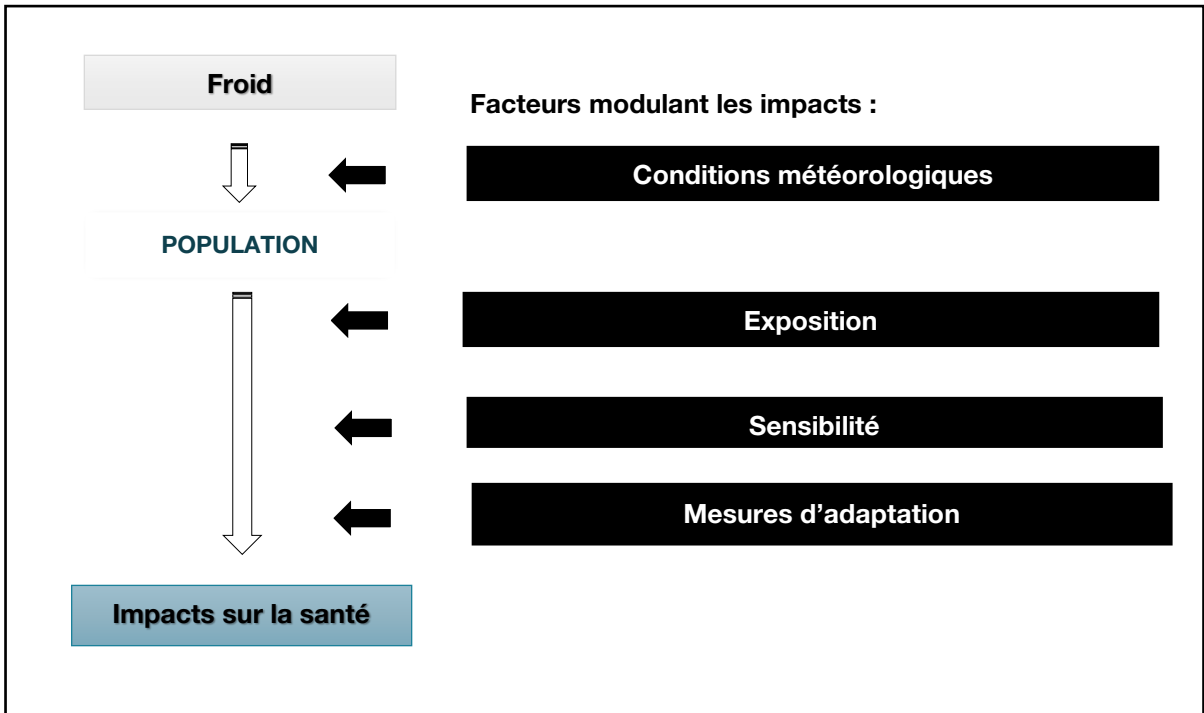
- Section 1 : Cadre conceptuel
- Section 2 : Méthodologie
- Section 3 : Indicateurs des facteurs modulant les impacts du froid sur la santé
- Section 4 : Indicateurs des impacts du froid sur la santé
- Section 5 : Conclusions et recommandations

Au début de chaque section sur les indicateurs et aux fins de rappel et de comparaison, un encadré présente les principaux résultats, concernant l'indicateur, de la revue de la littérature scientifique réalisée par l'INSPQ en 2010 (Bustinza *et al.*, 2010).

1 Cadre conceptuel

Dans la littérature scientifique, plusieurs facteurs sont rapportés comme pouvant moduler les impacts du froid sur la santé humaine. Le modèle présenté ci-dessous (figure 1), inspiré de celui de Kovats et Hajat (2008), illustre ces facteurs : les conditions météorologiques, l'exposition au froid, la sensibilité au froid et les mesures d'adaptation au regard du froid.

Figure 1 Modèle sur les facteurs pouvant moduler les impacts du froid sur la santé



Source : adaptée de Kovats et Hajat (2008)

Dans le cadre de cette mise à jour, les facteurs représentent les éléments déterminants qui interviennent dans la relation entre le froid et les impacts sur la santé. Pour mesurer adéquatement ces facteurs, les indicateurs suivants ont été étudiés :

- **Les conditions météorologiques liées au froid** : ces indicateurs concernent les conditions météorologiques et sont, par exemple, la température, l'humidité ou la durée de la période de froid. D'autre part, il est connu que les impacts sur la santé des aléas météorologiques se distribuent de façon inégale sur la population, certaines personnes étant plus exposées ou plus sensibles (Bustanza *et al.*, 2010). **L'exposition au froid** : ces indicateurs sont ceux associés aux caractéristiques du milieu de vie ayant un impact sur le degré d'exposition, par exemple, le revenu, les activités professionnelles ou l'isolement culturel.
- **La sensibilité au froid** : ces indicateurs se réfèrent aux caractéristiques individuelles pouvant modifier la sensibilité des personnes au froid, par exemple, l'âge ou l'état de santé.
- **Les mesures d'adaptation au regard du froid** : ces indicateurs sont ceux associés aux mesures individuelles et populationnelles d'adaptation comme porter des vêtements chauds, la présence d'un système d'alerte précoce ou d'un plan d'intervention.

Les impacts du froid sur la santé : finalement, afin de mieux comprendre les impacts sur la santé liés au froid, des indicateurs mesurant ces impacts sont aussi présentés. Ces indicateurs touchent principalement les transports, les admissions à l'urgence, les hospitalisations et les décès.

Un plan d'intervention de santé publique visant à atténuer les effets sanitaires du froid peut avoir 5 niveaux d'intervention :

- Normal : absence de menace réelle ou appréhendée. Activités de prévention et de préparation.
- Veille saisonnière : menace appréhendée, survenue incertaine. Surveillance des conditions météorologiques et des données sanitaires. Diffusion des messages à la population.
- Alerte : menace imminente. Préparation pour la mise en œuvre des opérations d'urgence.
- Mobilisation : menace confirmée. Évaluation globale des facteurs additionnels pouvant avoir des répercussions sur la sévérité des impacts sur la santé, par exemple la durée de la période de froid ou les groupes à risque.
- Démobilisation : retour aux valeurs normales des températures et des indicateurs sanitaires. Bilan des opérations et retour au niveau de veille saisonnière.

Tous ces indicateurs présentent des liens avec les étapes d'un éventuel plan d'intervention (tableau 1).

3 Indicateurs des facteurs modulant les impacts du froid sur la santé

Les facteurs représentent les éléments déterminants qui interviennent dans la relation entre le froid et les impacts sur la santé. Pour mesurer adéquatement ces facteurs, les indicateurs suivants ont été étudiés : les conditions météorologiques, l'exposition au froid, la sensibilité au froid et les mesures d'adaptation.

Au début de chaque section sur les indicateurs et aux fins de rappel et de comparaison, un encadré présente les principaux résultats, concernant l'indicateur, de la revue de la littérature scientifique réalisée par l'INSPQ en 2010 (Bustinza *et al.*, 2010).

3.1 Conditions météorologiques liées au froid

Les indicateurs concernant les conditions météorologiques sont ceux associés aux valeurs de température ou à d'autres conditions météorologiques reliées au froid ayant le potentiel d'engendrer des conséquences négatives sur la santé.

L'accès à ces indicateurs permet, pendant l'étape Normale d'un éventuel plan d'intervention, la détermination des caractéristiques des périodes de froid ayant le potentiel de provoquer des impacts néfastes sur la santé; durant l'étape Veille saisonnière, la vigilance adéquate des données météorologiques.

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

- les températures quotidiennes (section 3.1.1);
- l'humidité de l'air (section 3.1.2);
- la vitesse du vent (section 3.1.3);
- les indices d'inconfort (section 3.1.4);
- les froids modérées (section 3.1.5);
- les froids extrêmes : durée et intensité (section 3.1.6);
- les froids extrêmes : moment de la survenue (section 3.1.7);
- la pollution atmosphérique (section 3.1.8).

3.1.1 TEMPÉRATURES QUOTIDIENNES

Plusieurs indicateurs touchant la température sont utilisés dans les différentes études pour évaluer l'exposition au froid quotidiennement comme les températures absolues minimales, maximales ou moyennes et les températures relatives (percentiles). L'indicateur le plus approprié pour mesurer l'exposition au froid serait la température quotidienne moyenne.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

Les indicateurs les plus utilisés pour évaluer l'exposition au froid dans les études repérées sont la température, maximale, minimale ou moyenne, et les indices d'inconfort comme la température apparente ou la température effective. Indicateurs proposés : la température moyenne, la température maximale et la température minimale.

Les températures minimales et moyennes quotidiennes sont sans doute les indicateurs les plus utilisés pour estimer l'impact du froid sur la santé. Cependant, il est possible qu'il soit plus approprié d'utiliser la température moyenne quotidienne pour définir une vague de froid, car elle reflète l'exposition pendant toute une journée, tandis que les températures maximales ou minimales représentent seulement l'exposition pendant une courte période de la journée. De plus, la température moyenne journalière peut être plus facile à interpréter à des fins de prise de décisions (Zhou *et al.*, 2014). De plus en plus d'études utilisent les percentiles¹ comme indicateurs d'exposition au froid plutôt que les températures absolues (Gasparrini *et al.*, 2015; Ryti *et al.*, 2016; Song *et al.*, 2017). À l'instar des vagues de chaleur, aucune définition unanime pour les vagues de froid ne semble exister. Quelques études définissent une vague de froid en utilisant, par exemple, la température minimale au-dessous du 5^e percentile, la température moyenne inférieure au 3^e ou au 1^{er} percentile, la température minimale sous 10 °C ou la chute de 8 °C de la température minimale dans une période de 24 heures (Chen, Wu, Yang et Su, 2010; Ma *et al.*, 2013; Revich et Shaposhnikov, 2010; Xie *et al.*, 2013).

Au Québec, ECCC émet des avertissements de froid extrême lorsqu'on prévoit que la température ou le refroidissement éolien atteindra -38 °C (ouest, centre et est) ou -48 °C (Nord du Québec). Toutefois, il faut préciser que ces seuils n'ont pas été fixés en tenant compte des impacts du froid sur la santé.

3.1.2 HUMIDITÉ DE L'AIR

L'importance de l'humidité comme modulateur des impacts du froid sur la santé, indépendamment des effets sur la grippe, reste controversée.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

L'effet modulateur de l'humidité sur la mortalité liée au froid n'est pas clair. Indicateur proposé : l'humidité.

Plusieurs indicateurs concernant l'humidité de l'air ont été développés : l'humidité absolue², l'humidité relative, le point de rosée³, etc. Bien que l'humidité relative soit la plus utilisée pour évaluer le lien entre la température et les impacts sur la santé, les auteurs d'une étude à Singapour précisent qu'elle ne devrait pas être utilisée seule dans le domaine de la santé environnementale en tant qu'indicateur de l'humidité, car l'humidité relative est généralement corrélée avec la température (Davis *et al.*, 2016). Finalement, il est important de signaler que les prévisions relatives à l'humidité sont moins précises que celles des températures (Laaidi *et al.*, 2013).

Certaines études suggèrent que l'humidité de l'air influence les impacts du froid sur la santé. Des humidités élevées ou faibles peuvent, toutes les deux, exacerber la mortalité et certains problèmes

¹ La notion de percentile fait référence à la distribution en pourcentage des valeurs des températures historiques dans une région donnée. Ainsi, au lieu de fixer une valeur de température à partir de laquelle un impact est prévu, par exemple, une élévation importante du nombre d'hospitalisations, le percentile fixe une valeur de température en raison de sa distribution et non en relation à un impact sanitaire quelconque. Par exemple, le 10^e percentile indique la valeur de la température en dessous de laquelle se trouvent 90 % des valeurs des températures enregistrées et en bas de laquelle se trouvent 10 % de ces valeurs. Ainsi, un énième percentile pourrait représenter des valeurs très différentes selon la distribution des températures propres à chaque région.

² L'humidité de l'air peut être mesurée par l'humidité absolue et par l'humidité relative. L'humidité absolue représente la quantité en grammes de vapeur d'eau présente dans l'air. L'humidité relative s'exprime en pourcentage et correspond au rapport entre l'humidité absolue et la quantité maximale de vapeur qui peut contenir l'air. Les variations de température influencent directement l'humidité relative de sorte que l'humidité relative augmente lorsque la température baisse. Par contre, l'humidité absolue est indépendante de la température.

³ Le point de rosée est la température sous laquelle la vapeur dans l'air commence à se condenser sur les surfaces. Il dépend de la pression atmosphérique et de l'humidité absolue.

de santé associés au froid (Barreca, 2012; Davis *et al.*, 2016; Mäkinen *et al.*, 2009a). Par exemple, une étude en Finlande a calculé qu'une diminution de l'humidité absolue en saison froide augmente le risque de développer une infection aiguë des voies respiratoires (Mäkinen *et al.*, 2009a). L'humidité absolue basse augmente l'incidence de la grippe étant donné qu'un climat sec favorise la transmission du virus par les voies aériennes en suspendant pour une plus longue période les particules rejetées par une personne infectée (Shaman et Kohn, 2009). Une saison froide plus humide présente ainsi généralement une incidence moins élevée de grippe. Toutefois, l'importance de l'humidité serait moindre dans les milieux densément peuplés où la grande proximité des individus prend le dessus sur l'humidité en ce qui concerne le risque de transmission de la grippe (Dalziel *et al.*, 2018). Par ailleurs, une revue systématique signale que les saisons hivernales humides accroîtraient le risque de pré-éclampsie chez les femmes enceintes (Poursafa *et al.*, 2015).

Par contre, dans une étude dans la région métropolitaine de Montréal, au Québec, les auteurs signalent qu'une humidité relative basse est fortement associée à un excès de la mortalité cardiovasculaire, mais seulement pendant les saisons printanières et automnales (Massetot *et al.*, 2015).

3.1.3 VITESSE DU VENT

La vitesse du vent aurait un effet modulateur sur les impacts du froid sur la santé : plus le vent est fort, plus les impacts du froid sur la santé augmentent. Toutefois, il n'y a que très peu d'études.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

L'effet modulateur de la vitesse du vent sur la mortalité liée au froid n'est pas évident. Une étude auprès de personnes âgées rapporte que lorsque la vitesse du vent augmente l'excès de mortalité diminue. Au contraire, le risque de blessures lié au froid, comme l'hypothermie ou les engelures, est plus élevé en cas de vents violents étant donné qu'ils accélèrent la baisse de la température du corps. Indicateur proposé : la vitesse du vent.

La température ne tient pas compte des échanges thermiques entre le corps et l'air. En effet, l'écart entre la température ambiante et la température ressentie est d'autant plus grand dépendamment la force des vents (InVS, 2003; Karine Laaidi *et al.*, 2009). Une étude réalisée en Ontario, entre 2004 et 2010, estime que chaque incrément d'un kilomètre/heure de la vitesse du vent accroissait de 6 % le nombre d'admissions à l'urgence lorsque les températures sont en dessous du point de congélation (Fortune *et al.*, 2014). Par ailleurs, une étude récente qui a utilisé l'indice de refroidissement éolien a confirmé l'efficacité de l'indice pour expliquer les effets du froid sur la santé cardiovasculaire (Lin *et al.*, 2018).

3.1.4 INDICES D'INCONFORT

Un indice récemment développé, l'indice climatique thermique universel (Universal Thermal Climate Index ou UTCI), semble prometteur, car il intègre des informations comme l'équilibre thermique ou la physiologie du corps humain. Cependant, son lien avec les impacts sur la santé du froid reste à étudier.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

Plusieurs études ont utilisé l'humidité dans la construction des indices, comme la température apparente ou la température effective, pour évaluer l'exposition au froid. Cependant, aucune de ces études n'a signifié que les indices utilisés donnent de meilleurs résultats que les valeurs directes de la température.

Plusieurs indices intégrant la température ou l'humidité ont été développés et ces indices pourraient être plus efficaces pour détecter les effets sanitaires sur la santé que la température étant donné que ses composantes, comme l'humidité ou la vitesse du vent, peuvent avoir un effet indépendant ou sensibilisant par rapport au froid. Au Canada, l'indice de refroidissement éolien utilisé est celui basé sur la formule de Siple-Passel. Cet indice, malgré la simplicité de son calcul⁴, procure une information très appropriée et surtout facile à comprendre sur la sensation d'inconfort liée au froid. Toutefois, une étude de 2001 signale que l'indice Siple-Passel n'ajoute rien au pouvoir prédictif de la température (Kunst, 2001). Néanmoins, une étude récente en 2018 indique que l'indice Siple-Passel est efficace pour détecter les effets du froid sur la santé cardiovasculaire (Lin *et al.*, 2018). Cependant, comparativement aux études utilisant la température comme indice de l'exposition au froid, peu d'études ont fait appel à des indices intégrant le vent ou l'humidité. Enfin, un indice intéressant a été développé, l'indice climatique thermique universel (Universal Thermal Climate Index ou UTCI). Cet indice intègre des facteurs thermiques, comme la température de l'air, mais aussi des informations sanitaires concernant l'équilibre thermique, la physiologie du corps humain et les vêtements portés (Pappenberger *et al.*, 2015). Son utilité concernant les impacts du froid sur la santé humaine reste à vérifier.

3.1.5 FROIDS MODÉRÉS

En général, les villes avec des hivers plus doux montrent un risque plus élevé d'impact sur la santé de la population lors des vagues de froid que celui des villes avec des hivers plus sévères.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

Les personnes habitant des villes avec des hivers moins froids présentent un risque plus élevé de mortalité (toutes causes confondues) comparativement aux personnes habitant des villes avec des hivers plus froids. Indicateur proposé : aucun.

Les résultats d'une étude dans 15 villes canadiennes suggèrent que le risque relatif de mortalité lié au froid extrême est plus important dans les villes avec des hivers où les températures mensuelles moyennes hivernales (décembre, janvier et février) sont plus douces (Martin *et al.*, 2012). Par exemple, dans les villes avec des hivers doux, comme Vancouver (4,1 °C) et Windsor (-2,4 °C), le risque de mortalité est plus important pendant les froids extrêmes lorsqu'il est comparé aux froids modérés. À l'inverse, dans les villes avec des hivers plus sévères, comme Winnipeg (-14,1 °C), Edmonton (-10,7 °C) ou Québec (-9,9 °C), le risque de mortalité pendant les froids extrêmes n'est pas différent de celui des froids modérés. Toutefois, cela n'est pas toujours le cas, car dans les villes comme Regina (-13,0 °C), Ottawa (-8,2 °C) et Montréal (-7,4 °C), avec des hivers assez froids, le risque de mortalité pendant les froids extrêmes est aussi plus élevé que celui des froids modérés.

3.1.6 FROIDS EXTRÊMES : DURÉE ET INTENSITÉ

La durée des vagues de froid aurait une influence plus importante sur les impacts sur la santé associés au froid que l'intensité de la vague, mais pour quelques études, la durée de la vague ne serait pas représentative de l'exposition au froid. Toutefois, il n'existe pas de consensus sur la durée d'une vague ayant le potentiel de provoquer des impacts sur la santé, pouvant aller de 2 jours à 2 semaines. En ce qui concerne la définition d'une vague de froid quant aux seuils représentant un risque sur la santé, elle est très différente selon les études.

⁴ https://climate.weather.gc.ca/doc/Canadian_Climate_Normals_1981_2010_Calculation_Information.pdf

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

Les périodes de froid utilisées pour définir une période ayant le potentiel d'avoir un impact néfaste sur la santé varient entre 1 jour et 2 semaines. Indicateur proposé : aucun.

Selon une méta-analyse réalisée par Ryti et collaborateurs, la durée d'exposition individuelle au froid pour que les différents effets sur la santé se manifestent n'est pas évidente à déterminer (Ryti *et al.*, 2016). Pour eux, la longueur de la vague de froid ne serait pas nécessairement représentative du niveau d'exposition. Dans le même sens, les auteurs d'une étude en Chine trouvent que les effets du froid sur la mortalité sont davantage associés aux températures basses extrêmes qu'aux périodes de froid prolongées (Zhou *et al.*, 2014).

Toutefois, certaines études indiquent un lien entre la durée d'une vague de froid et ses impacts sanitaires. Une étude menée à Porto, au Portugal, indique que le risque d'hospitalisation pour des maladies obstructives chroniques dans les deux semaines après une période de froid dépend davantage de la persistance d'une période de froid modérée (température minimale ≤ 5 °C) pendant une semaine, plutôt qu'une température plus basse (température minimale $\leq 1,6$ °C) pendant quelques jours (Monteiro, Carvalho, Góis et Sousa, 2013). Une étude à Taiwan démontre également une association entre les admissions à l'urgence et la durée de la période de froid (Wang *et al.*, 2012). Les vagues de froid présentant des températures en dessous du 5^e percentile sont associées aux admissions lorsque la durée est de 8 jours ou plus. Dans le cas de températures dans le 1^{er} percentile, un effet est observé avec des durées de 3 jours. Ainsi, aucune association ne semble être démontrée pour des vagues de froid de moins de 3 jours. Une étude réalisée en Chine estime également que la mortalité non accidentelle augmente significativement lorsque la durée des vagues de froid s'étire (Wang *et al.*, 2016).

3.1.7 FROIDS EXTRÊMES : MOMENT DE LA SURVENUE

Certaines études suggèrent qu'il pourrait avoir un sommet de mortalité liée au froid non seulement au début de la saison hivernale, mais également à la fin de celle-ci. Cela peut être lié à la perte d'acclimatation durant ces périodes.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

Une étude européenne signale que les épisodes de froid à la fin de la saison hivernale semblent plus meurtriers que ceux du début de la saison. Indicateur proposé : aucun.

Les résultats d'une étude réalisée à New York aux États-Unis signalent que comparativement aux périodes sans vague de froid, le risque d'hospitalisation pour l'asthme lors des vagues de froid (température ressentie sous le 10^e percentile) augmente significativement de 9,6 % durant les mois de novembre (RR = 1,096, IC 95 % : 1,055-1,139) et de 5 % en avril (RR = 1,050, IC 95 % : 1,012-1,090). Cependant, il ne varie pas significativement durant les mois de décembre à mars (Fitzgerald *et al.*, 2014). Les auteurs d'une étude récente dans l'état de New York estiment aussi que les effets du froid (température $< 7,2$ °C ou refroidissement éolien $< -3,8$ °C) sur les admissions à l'urgence pour des raisons cardiovasculaires sont plus importants lors des mois transitoires d'hiver (novembre et mars) que pendant les mois hivernaux (décembre, janvier et février) (Lin *et al.*, 2018). Finalement, une étude en Chine estime que la mortalité non accidentelle associée au froid est significativement plus élevée lors des vagues de froid (température moyenne quotidienne sous le 5^e percentile pendant au moins 2 jours consécutifs) qui surviennent tôt dans la saison hivernale (Wang *et al.*, 2016). Les auteurs des études signalent que cela peut être lié à la perte d'acclimatation.

Une étude réalisée au Québec estime que les admissions à l'urgence pour des cardiopathies ischémiques sont plus nombreuses chez les personnes de 45 ans et plus en début d'hiver, et qu'elles diminuent à mesure que la saison progresse mettant ainsi en évidence un effet d'acclimatation physique et sociale (Bayentin *et al.*, 2010).

3.1.8 POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

L'importance relative de la pollution de l'air dans la modulation de l'impact du froid sur la santé reste controversée.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

La relation entre la pollution de l'air liée au froid et des impacts sanitaires n'est pas claire. Indicateur proposé : matières particulaires (PM₁₀), dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, oxyde nitreux et ozone.

Les températures basses tendent à être associées à une augmentation des concentrations de polluants atmosphériques :

« Pendant les périodes prolongées de hautes pressions durant les mois d'hiver, le rayonnement solaire atteint le sol et le réchauffe. La nuit, l'absence de couverture nuageuse entraîne un refroidissement rapide du sol et l'air en contact avec le sol devient plus froid. L'air plus chaud s'élève et agit comme un couvercle, enfermant l'air plus froid dans les couches inférieures de l'atmosphère. La pollution, notamment celle provoquée par le trafic routier, est également piégée et la couche d'air la plus proche du sol devient donc de plus en plus polluée » (Agence européenne pour l'environnement, 2016).

Une revue exploratoire suggère que la pollution atmosphérique augmente l'impact négatif du froid sur la santé cardiovasculaire jusqu'à plusieurs jours après l'évènement (Stewart *et al.*, 2017). Par contre, cet effet est inconstant. Par exemple, une étude réalisée en Ontario a déterminé que l'effet des froids extrêmes sur les hospitalisations pour des maladies cardiaques coronariennes, des infarctus du myocarde et des accidents vasculaires cérébraux n'est pas modifié de façon notable par les concentrations atmosphériques de PM_{2.5} (Bai *et al.*, 2018).

En ce qui concerne la mortalité pour toutes causes confondues, une étude réalisée dans 4 villes canadiennes, dont Montréal, estime que lors des vagues de froid, le risque associé à la température est plus élevé que celui associé à la pollution atmosphérique. Néanmoins, le fardeau de mortalité attribuable à la pollution atmosphérique serait 4 fois plus élevé que celui associé au froid hivernal en général (ce qui inclut les froids extrêmes et modérés) (Cheng *et al.*, 2008). Dans tous les cas, les effets observés du froid sur la mortalité sont toujours présents après avoir retiré (contrôlé statistiquement) les décès liés à la pollution atmosphérique.

3.2 Exposition au froid

Les indicateurs d'exposition au froid sont ceux ayant le potentiel d'exacerber ou d'atténuer le degré d'exposition du corps humain lors des périodes de froid. La mesure de l'exposition au froid dans les études est souvent indirecte et peu précise, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments. Cette imprécision fait que les résultats des études peuvent varier beaucoup d'un contexte à l'autre.

Une meilleure connaissance de ces indicateurs permettrait de mieux cibler certaines populations lors du développement des stratégies de prévention ou des mesures d'atténuation. De cette façon, la considération de ces indicateurs contribuerait à mieux estimer et cibler les besoins en outils de

sensibilisation, de communication ainsi qu'en ressources humaines et financières durant l'étape « Normale » d'un éventuel plan d'intervention.

Les indicateurs traités dans cette section incluent :

- la défavorisation matérielle (section 3.2.1);
- la condition du logement (section 3.2.2);
- la résidence en milieu rural (section 3.2.3);
- le temps passé à l'extérieur (section 3.2.4);
- l'isolement social (section 3.2.5).

3.2.1 DÉFAVORISATION MATÉRIELLE

Le peu d'évidence scientifique disponible indique que le risque sur la santé pourrait augmenter lors des périodes hivernales en raison de la défavorisation matérielle.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

La défavorisation économique ne semble pas être un facteur important dans l'association entre la mortalité et le froid. Indicateurs proposés : l'indice de défavorisation matérielle, la population vivant sous le seuil de la pauvreté et le niveau de scolarité.

Les personnes défavorisées sur le plan matériel habitent dans une plus grande proportion des logements mal adaptés aux conditions hivernales. Cette condition les rend davantage à risque d'être exposées au froid (voir section suivante : 3.2.2 Condition du logement).

Froids modérés

Au Québec, une étude suggère que les régions avec une défavorisation matérielle ou sociale plus importante font état d'un taux d'hospitalisation pour cardiopathie ischémique plus important en saison hivernale (Bayentin *et al.*, 2010). Au Portugal, une étude associe la défavorisation matérielle et sociale à la mortalité hivernale. Le risque relatif est 1,75 fois plus élevé chez les personnes du quartile inférieur (très défavorisé) en comparaison aux personnes du quartile supérieur (très favorisé) (Almendra *et al.*, 2017). Toutefois, une revue anglaise signale qu'au Royaume-Uni plusieurs études n'ont rapporté qu'une modification du risque non significative selon les différents niveaux de défavorisation matérielle (Hajat, 2017).

Le coût du chauffage en hiver peut pousser les personnes à faible revenu, et même de la classe moyenne, à diminuer l'intensité du chauffage afin de subvenir à d'autres besoins (loyer, nourriture, etc.) en les exposant ainsi à des logements plus froids. Au Canada, un ménage est en situation de précarité thermique lorsque les services publics, dont l'électricité, le gaz naturel ou l'huile de chauffage, représentent plus de 10 % de ses revenus. Ainsi, on estime qu'au Canada, 8 % des ménages se retrouvent dans une telle situation. Au Québec, ce pourcentage s'élève à 7 % (Gouvernement du Canada, 2017).

Froids extrêmes

Aucune étude n'a été repérée.

3.2.2 CONDITION DU LOGEMENT

Des logements mal isolés augmentent l'exposition au froid des locataires et accroissent les risques d'impacts nocifs sur la santé liés au froid.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

L'impact sur la santé lié au froid est moins élevé dans les régions où l'isolation thermique des maisons est plus importante. Indicateurs proposés : l'année de construction du logement, la nécessité de réparer le logement et le fait d'être propriétaire ou locataire.

Froids modérés

Un logement en mauvaise condition peut exposer les résidents à des températures froides pouvant avoir des impacts sur le plan de la santé. Un logement froid accroît les mêmes risques que l'exposition aux froids extérieurs, c'est-à-dire allant des maladies respiratoires à la mortalité. De plus, un logement froid influence également le bien-être mental perçu et la résilience émotionnelle des résidents (Howden-Chapman *et al.*, 2012a; Liddell et Morris, 2010a; Phung *et al.*, 2016; Ryti *et al.*, 2016). Dans 11 pays d'Europe, il est estimé que chaque diminution de 1 °C de la température intérieure en dessous de la température optimale (18 °C) accroît la mortalité de 0,15 % (Braubach *et al.*, 2011). Une étude au Portugal démontre également une association entre la qualité du logement (date de construction, matériau de construction propice au transfert thermique, présence d'un système centralisé de chauffage) et la mortalité hivernale (Almendra *et al.*, 2017).

Une étude de la Nouvelle-Zélande conclut que les propriétaires sont moins susceptibles de décéder en hiver que les locataires (Hales *et al.*, 2012). Cette association est toujours présente même lorsqu'on tient en considération le revenu, ce qui pourrait indiquer que la capacité à protéger des logements locatifs du froid est inférieure à celle des logements habités par les propriétaires. Cela s'explique également par le contrôle accru qu'ont les propriétaires pour effectuer des modifications à leur logement.

Froids extrêmes

Aucune étude n'a été repérée.

3.2.3 RÉSIDENCE EN MILIEU RURAL

Froids modérés

Le peu d'études disponibles indique que l'influence de vivre en milieu rural sur les impacts du froid sur la santé n'est pas concluante.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

L'influence de vivre dans les milieux ruraux n'est pas claire. Indicateur proposé : la région de résidence.

Une étude de la Nouvelle-Zélande estime que les personnes résidant en milieu urbain sont plus susceptibles de décéder en hiver que les personnes résidant en milieu rural (Hales *et al.*, 2012). Dans le même sens, une étude réalisée en République tchèque indique que le risque relatif de la mortalité cardiovasculaire n'est pas significativement plus élevé en milieu rural qu'à Prague (Urban *et al.*, 2014).

Au Québec, les résultats de Bayentin *et al.* (2010) suggèrent que les régions administratives les plus urbaines, telles que Montréal, Laval et Montérégie, présentent un risque moins élevé de maladies ischémiques cardiaques en temps de froid comparativement aux régions moins urbanisées.

Froids extrêmes

Aucune étude n'a été repérée.

3.2.4 TEMPS PASSÉ À L'EXTÉRIEUR

Il existerait un lien entre les blessures professionnelles et les températures basses extrêmes. Cependant, ce lien semble être indépendant du temps passé à l'extérieur par le travailleur.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

L'influence du temps passé à l'extérieur lors des périodes de froid n'est pas claire. Indicateur proposé : le travail à l'extérieur, le temps passé à l'extérieur et la sortie à l'extérieur.

Froids modérés

Les personnes qui travaillent à l'extérieur durant la période hivernale sont particulièrement exposées au froid, ce qui les rendrait susceptibles de subir les effets délétères sur leur santé. En Ontario, par exemple, chaque réduction de 1 °C en dessous de 0 °C est associée à une augmentation de 15 % du nombre médian d'admissions à l'urgence majoritairement pour des engelures ou de l'hypothermie ayant lieu en milieu de travail (Fortune *et al.*, 2014). En Italie, dans la région de la Toscane, chaque réduction de 1 °C en dessous de -0,8 °C (10^e percentile) provoque une augmentation significative de 2,3 % des blessures professionnelles souffertes à l'extérieur (Morabito *et al.*, 2014). Toutefois, ce lien disparaît lorsqu'on analyse le groupe de travailleurs qui travaillent la plupart du temps à l'extérieur. Dans l'étude, une blessure professionnelle est celle qui provoque une incapacité temporelle qui nécessite un arrêt de travail d'au moins 3 jours.

Au Québec, la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) signale qu'entre 2014 et 2018, 112 travailleurs ont subi une lésion causée par le froid (CNESST, 2020). Pour la CNESST, les facteurs de risque les plus importants sont les facteurs climatiques, comme le refroidissement éolien ou l'humidité de l'air, les facteurs inhérents au poste de travail ou à la tâche, et les facteurs individuels, comme la condition physique ou l'état de santé (CNESST, 2019). Elle propose différents moyens de prévention afin de réduire le nombre d'accidents et de troubles liés au froid chez les travailleurs : (i) contrôles techniques, comme installer des écrans empêchant ou limitant l'exposition au vent; (ii) mesures administratives, comme planifier les activités de travail à l'extérieur en tenant compte des prévisions météorologiques; et (iii) formation, pour que les travailleurs, les intérimaires et les intervenants externes connaissent les risques, les mesures préventives, les signes et symptômes, ainsi que les mesures d'urgence liés au travail en environnement froid.

Froids extrêmes

Aucune étude n'a été repérée.

3.2.5 ISOLEMENT SOCIAL

Le seul indicateur retrouvé associé à l'isolement social dans cette revue de la littérature a été celui de l'itinérance. Être en situation d'itinérance constitue un risque important d'être exposé au froid hivernal. Également, bien que les études ne l'aient pas évalué spécifiquement, ces personnes feraient une utilisation élevée des services de santé lors de périodes de froid importantes. Les Autochtones sont surreprésentés parmi les personnes en situation d'itinérance, tandis que les immigrants ne l'étaient pas.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

Aucun indicateur n'a été repéré.

Un dénombrement ponctuel (le 24 avril 2018) permet d'estimer que le nombre de personnes en situation d'itinérance visible⁵ au Québec était de presque 5 800 et 6 % des personnes avaient moins de 18 ans et 8 % avaient 65 ans ou plus (Latimer et Bordeleau, 2019). La majorité des personnes en situation d'itinérance se trouvait à Montréal (3 000) et les auteurs estiment que ce nombre a augmenté de l'ordre de 8 à 12 % en comparaison avec celui du dénombrement de 2015.

En 2014, les personnes autochtones constituaient une proportion importante de la population en situation d'itinérance, celle-ci étant estimée à 20 % pour la ville de Montréal (Patrick, 2014). Dans le dénombrement de 2018, les Autochtones sont surreprésentés à 10 % de l'échantillonnage, car ils représentent seulement un peu plus du 2 % de l'ensemble du Québec (Latimer *et al.*, 2019). Lors du dénombrement de 2018, 10 % des personnes en situation d'itinérance visible étaient des immigrants de première génération, ce qui est inférieur à leur représentation de 13 % pour l'ensemble du Québec.

Dans la même étude, plus de la moitié (56 %) des personnes en itinérance visible ont rapporté avoir visité l'urgence au moins une fois au cours de l'année précédente, et plus du tiers (35 %), avoir été hospitalisés. Une étude réalisée à Paris estime que les personnes en situation d'itinérance représentent 62 % des personnes ayant été admises à l'urgence pour une hypothermie ou une engelure lors des hivers de la période allant de 2005 à 2009 (Rouquette *et al.*, 2011).

3.3 Sensibilité au froid

Les indicateurs ayant une influence sur la sensibilité des populations sont ceux qui peuvent exacerber les impacts sur la santé lors d'une période de froid. Les impacts sur la santé des périodes de froid varient bien sûr en fonction des conditions météorologiques (voir section 3.1), de l'exposition au froid (voir section 3.2), mais aussi en fonction des caractéristiques cliniques et physiologiques individuelles telles que l'âge, le sexe ou la présence de morbidité préexistante.

Les indicateurs ayant une influence sur la sensibilité au froid à l'instar des indicateurs influant sur l'exposition au froid peuvent concourir à exacerber les répercussions sur la santé. Ils peuvent servir à mieux estimer et cibler les besoins en outils de sensibilisation, de communication ainsi qu'en ressources humaines et financières durant l'étape Normale d'un éventuel plan d'intervention.

⁵ Itinérance visible : personne sans domicile fixe permanent et qui se trouve sans abri au moment du dénombrement, dans un lieu non conçu pour l'habitation humaine, dans une ressource d'hébergement d'urgence, dans un refuge pour femmes victimes de violence conjugale, dans une ressource de transition ou de façon temporaire dans un centre de thérapie, un centre de réadaptation en dépendance, un centre de crise, un centre hospitalier ou en détention. Itinérance cachée : personne hébergée temporairement chez d'autres ou dans un hôtel ou un motel, sans avoir domicile fixe permanent; ou si elle demeure dans une maison de chambres.

Les indicateurs de sensibilité au froid qui seront traités dans cette section incluent :

- l'âge (section 3.3.1);
- le sexe (section 3.3.2);
- la morbidité préexistante (section 3.3.3);
- le pays d'origine des immigrants (section 3.3.4).

3.3.1 ÂGE

Les risques sur la santé liés au froid seraient plus importants pour les personnes âgées lors des froids extrêmes, mais les études ne sont pas concluantes concernant les froids modérés.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

Le risque de décès dû au froid est plus élevé chez les personnes âgées que chez leurs cadets. Indicateur proposé : l'âge.

Froids modérés

Une étude réalisée au Québec souligne que les personnes âgées de 45 à 64 ans seraient plus susceptibles d'être hospitalisées pour une cardiopathie ischémique pendant les mois hivernaux que les personnes âgées de 65 ans et plus ou les moins de 45 ans (Bayentin *et al.*, 2010). Une étude ontarienne conclut que chaque diminution de 5 °C de la température moyenne accroît de 8 % (IC 95 % : 3 % à 13 %) le risque de décéder d'une maladie cardiovasculaire chez les personnes de 65 ans et moins et de 3 % (IC 95 % : 2 % à 5 %) chez les 65 ans et plus (H. Chen *et al.*, 2016).

Les auteurs d'une méta-analyse réalisée en 2012 ont trouvé que le risque de mortalité toutes causes confondues des personnes de plus de 65 ans augmente significativement de 1 % pour chaque diminution de 1 °C de la température moyenne dans l'intervalle de 15 à 5 °C (Yu *et al.*, 2012). Une méta-analyse plus récente estime également que les mortalités cardiovasculaires, cérébrovasculaires et respiratoires chez les personnes âgées de 65 ans et plus s'accroissent, de façon significative, respectivement de 1,7 %, 1,2 %, et de 2,9 % par chaque réduction de 1 °C (Bunker *et al.*, 2016). Cependant, ces deux méta-analyses ne comparent pas le groupe de 65 ans et plus avec d'autres groupes d'âge.

Froids extrêmes

Une méta-analyse sur les vagues de froid indique que le risque de décès lié au froid pour les personnes âgées de 65 ans et plus (RR = 1,06, IC 95 % : 1,00-1,12) n'est pas différent de celui des personnes de moins de 65 ans (RR = 1,01, IC 95 % : 1,00-1,03) (Ryti *et al.*, 2016). Au contraire, au Québec, une étude révèle que les jeunes de moins de 25 ans et les personnes âgées sont plus susceptibles d'être hospitalisés pour une brûlure lors de froids extrêmes, étant donné l'utilisation accrue d'électricité, d'appareils de chauffage d'appoint et du foyer (Ayoub *et al.*, 2017).

Une étude à New York, aux États-Unis, signale que le risque d'hospitalisation pour l'asthme diminue significativement de 8,8 % (RR = 0,912, IC 95 % : 0,880-0,945) chez les jeunes enfants et de 6,1 % (RR = 0,939, IC 95 % : 0,903-0,976) chez les enfants d'âge scolaire « pendant la durée de la vague » (vague de froid = 3 jours consécutifs ou plus où la température moyenne ressentie dans la semaine

⁶ IC 95 % = Intervalles de confiance à 95 %.

avant la date d'admission est au-dessous du 10^e percentile) durant les mois de décembre à mars (Fitzgerald *et al.*, 2014). Pour expliquer ces résultats, les auteurs postulent que pendant les vagues de froid, les asthmatiques suivraient mieux les prescriptions médicales et limiteraient leur exposition au froid.

3.3.2 SEXE

Le nombre d'études est limité, mais les hommes seraient plus à risque d'être hospitalisés pour des cardiopathies ischémiques ou de décéder que les femmes lors des périodes de froids modérés. Pour ce qui est des froids extrêmes, les résultats quant aux différences selon le sexe ne sont pas concluants.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

L'influence du sexe sur la mortalité hivernale n'est pas évidente. Indicateur proposé : le sexe.

Froids modérés

Au Québec, les résultats d'une étude montrent que le risque d'hospitalisation pour cardiopathie ischémique en hiver est plus élevé chez les hommes que chez les femmes (Bayentin *et al.*, 2010). Une étude réalisée en Suède corrobore ces résultats pour la mortalité générale des hommes de 80 ans et plus lors des mois hivernaux (Rocklöv *et al.*, 2014).

Froids extrêmes

Les résultats d'une étude au Québec montrent également que les hommes, et non les femmes, sont plus à risque de décéder d'un AVC⁷ hémorragique lors de l'exposition à un froid sévère (-20 °C comparés à 0 °C) (Polcaro-Pichet *et al.*, 2019). Toutefois, une méta-analyse montre une augmentation du risque de l'AVC lors des vagues de froid, seulement chez les femmes (Lavados Pablo M. *et al.*, 2018), et une autre étude, en Irlande, indique des différences du risque selon le sexe, mais qui varient de sens, augmentation du risque chez les hommes ou chez les femmes, selon la région analysée (Zeka *et al.*, 2014). Les auteurs postulent que ces résultats reflètent probablement des différences géographiques ou sociales qui modifient l'exposition au froid des hommes et des femmes lors des périodes de froids extrêmes.

Dans la même étude suédoise citée auparavant, la mortalité générale augmente significativement chez les hommes de 80 ans et plus lors des vagues de froid (Rocklöv *et al.*, 2014).

⁷ AVC : accident vasculaire cérébral.

3.3.3 MORBIDITÉ PRÉEXISTANTE

La présence de certaines maladies préexistantes semble accroître les risques sur la santé pour les personnes souffrantes, tant lors des froids modérés ou extrêmes.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

L'état de santé avant l'exposition au froid peut avoir un effet modulateur sur la mortalité liée au froid. Indicateurs proposés : le fait d'être fumeur ou ex-fumeur, l'alcoolisme, les problèmes de santé mentale, les problèmes de santé chronique.

Froids modérés

Au Québec, une étude suggère que les régions avec une prévalence de tabagisme plus élevée chez les 45-64 ans affichent un taux d'hospitalisation pour des cardiopathies ischémiques plus important pendant l'hiver (Bayentin *et al.*, 2010).

La morbidité préexistante pourrait ne pas avoir le même effet en fonction de l'âge. En Suède, il a été évalué que les abus de substances et les troubles mentaux augmentent le risque de mortalité de 6 % par chaque réduction de 1 °C de la température maximale en hiver chez les personnes de moins de 65 ans, alors qu'un historique d'infarctus du myocarde accroît ce même risque de 4 % chez les personnes âgées de 65 ans et plus (Rocklöv *et al.*, 2014).

Froids extrêmes

À Toronto, il a été évalué que les personnes avec des problèmes rénaux ou cardiaques préexistants affichent une probabilité plus élevée d'être admis à l'urgence pour des raisons cardiovasculaires lors de froids extrêmes comparativement aux personnes n'ayant pas ce type de problème (Lavigne *et al.*, 2014). Une autre étude menée à Toronto n'a pas conclu d'association entre les températures extrêmes froides et les admissions à l'urgence associées à des troubles mentaux ou comportementaux (X. Wang *et al.*, 2014).

Une étude au Royaume-Uni démontre également que les fumeurs et les personnes qui consomment des quantités importantes d'alcool ont respectivement un risque relatif de 2,4 et 2,6 fois plus élevé de subir un événement cardiaque pendant une vague de froid comparativement aux consommateurs occasionnels (Sartini *et al.*, 2016). En Chine, les personnes ayant des maladies respiratoires préexistantes présentent un risque plus élevé de mortalité lors des vagues de froid (L. Wang *et al.*, 2016).

3.3.4 PAYS D'ORIGINE DES IMMIGRANTS

Des études concernant le pays d'origine des immigrants n'ont pas été repérées dans cette mise à jour.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

Les minorités ethniques provenant de régions tropicales auraient une plus grande difficulté à s'acclimater aux températures extrêmement basses, contrairement aux habitants des régions plus froides qui sont mieux adaptés au point de vue physiologique et socioculturel. Indicateurs proposés : les immigrants provenant des régions tropicales.

3.4 Mesures d'adaptation au regard du froid

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

Les autorités sanitaires doivent être de plus en plus préparées à faire face à l'évolution démographique des populations (notamment le vieillissement) et des demandes de services (OMS, 2015). Les indicateurs d'adaptation ainsi que les indicateurs sur les demandes de services permettent d'établir les faiblesses des systèmes conçus pour protéger les populations affectées et de définir des interventions pour agir (OMS, 2015).

Parmi les indicateurs d'adaptation pouvant réduire les impacts des périodes de froid sur la santé, on trouve :

Les mesures d'adaptation individuelles :

- porter des vêtements chauds (section 3.4.1);
- réduire le temps passé à l'extérieur (section 3.4.2).

Les mesures d'adaptation populationnelles :

- améliorer le chauffage ou l'efficacité énergétique des logements (section 3.4.3);
- mettre à la disposition de la population des refuges chauffés (section 3.4.4);
- adopter des mesures de protection pour les travailleurs (section 3.4.5);
- préparer un plan d'intervention (section 3.4.6);
 - monter un système d'alerte précoce pour les froids extrêmes (section 3.4.7).

Mesures d'adaptation individuelles

Les mesures d'adaptation individuelles sont conjoncturelles et permettent une réduction ponctuelle de l'exposition au froid.

3.4.1 PORTER DE VÊTEMENTS CHAUDS

Le port de vêtements chauds est l'une des mesures d'adaptation au froid la plus courante sur le plan individuel. Par ailleurs, la perte de chaleur du corps augmente dans des conditions humides et le pouvoir réchauffant des vêtements peut diminuer jusqu'à 90 % par rapport à des conditions sèches sans vent (InVS, 2003).

3.4.2 RÉDUIRE LE TEMPS PASSÉ À L'EXTÉRIEUR

Une autre des mesures individuelles les plus fréquentes consiste à passer moins de temps à l'extérieur afin de réduire l'exposition au froid. Bien qu'il existe un lien entre le fait de passer du temps à l'extérieur, surtout chez les travailleurs (Fortune *et al.*, 2014), et un impact délétère sur la santé, l'efficacité de la mesure visant à réduire le temps passé à l'extérieur lors des vagues de froid ne semble pas avoir été évaluée.

Mesures d'adaptation populationnelles

À l'opposé des mesures individuelles, les mesures d'adaptation populationnelles agissent sur le long terme et sont ainsi les mesures les plus appropriées pour réduire l'impact du froid sur la santé (Karine Laaidi *et al.*, 2009).

3.4.3 AMÉLIORER LE CHAUFFAGE OU L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES LOGEMENTS

Passer moins de temps à l'extérieur revient à passer plus de temps à l'intérieur du logement, mais les personnes moins fortunées peuvent avoir de la difficulté à chauffer leur logement et rester tout de même exposées au froid dû aux logements mal chauffés. Les personnes défavorisées matériellement vont parfois opter pour une chaufferette portative ou faire fonctionner la cuisinière pour se réchauffer (Bélanger *et al.*, 2006).

Une revue de la littérature visant les pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) indique que l'évidence scientifique suggère, mais de façon non conclusive, que les mesures pour améliorer l'efficacité énergétique des maisons ou le chauffage domestique seraient bénéfiques pour la santé (Milner et Wilkinson, 2017). Par exemple, les mesures concernant l'efficacité énergétique auraient un impact positif sur la santé respiratoire des enfants et des adultes qui souffrent de l'asthme surtout en Nouvelle-Zélande et au Royaume-Uni. Également, il est suggéré que l'amélioration du chauffage domestique peut aider la santé mentale, du moins à court terme.

L'isolation du logement permet, quant à elle, de diminuer les coûts d'énergie et de faciliter ainsi le maintien d'une température optimale à l'intérieur. Les personnes ayant profité d'un programme d'isolation du logement rapportent un état de santé général et de bien-être mental supérieur après ces rénovations (Howden-Chapman *et al.*, 2012 b; Liddell et Morris, 2010 b). Par exemple, en Nouvelle-Zélande, les personnes âgées de 65 ans et plus ayant déjà été hospitalisées pour des raisons cardiovasculaires ou respiratoires présentaient un risque moins important de mortalité à la suite d'une amélioration de l'isolation de leur logement en comparaison avec le groupe contrôle (Preval *et al.*, 2017). Le calfeutrage des fenêtres et le chauffage au bois peuvent également accroître le confort thermique à moindre coût bien que le chauffage au bois augmente les émissions de polluants atmosphériques et la probabilité de smog.

L'interdiction de couper l'électricité aux abonnés pendant les mois hivernaux, comme le fait Hydro-Québec, a le potentiel de diminuer les effets sur la santé associés au phénomène. D'un autre côté, le paiement des factures à une date ultérieure peut seulement contraindre la satisfaction de besoins primaires à un moment différé.

3.4.4 METTRE À LA DISPOSITION DE LA POPULATION DES REFUGES CHAUFFÉS

Les refuges chauffés pourraient diminuer les effets sur la santé du froid, particulièrement pour les personnes en situation d'itinérance, mais peu d'études se sont penchées sur leur effet isolé ou elles traitent plutôt des refuges climatisés lors de chaleurs extrêmes (Cusack *et al.*, 2013; Gronlund *et al.*, 2018; Pendrey *et al.*, 2014). Des barrières similaires pour l'accès aux refuges climatisés pourraient s'appliquer aux refuges chauffés. Ces barrières comprennent la distance entre le domicile de la personne et le refuge, la perception que ces installations sont accessibles seulement aux personnes en situation d'itinérance, l'ennui ressenti lors de l'utilisation de ces installations, l'offre d'activités ou la nourriture inadéquate et les interrogations sur le statut d'immigrant (Sampson *et al.*, 2013).

3.4.5 ADOPTER DES MESURES DE PROTECTION POUR LES TRAVAILLEURS

Le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail propose des seuils de températures acceptables pour le travail en fonction des variables hydrométéorologiques et du type de travail (Canadian Centre for Occupational Health and Safety, s. d.). L'ensemble des provinces et des territoires ont adopté ces mesures comme limites légales ou de lignes directrices en la matière. Également, plusieurs normes internationales relatives aux meilleures pratiques d'évaluation et de prévention des risques en temps froid sont disponibles (ISO 11079, ISO 15743, etc.) (Holmer, 2009; Mäkinen *et al.*, 2009b).

3.4.6 PRÉPARER UN PLAN D'INTERVENTION

Un plan d'intervention inclut la communication des alertes, l'éducation de la population, l'accompagnement des personnes à risque ainsi que la mise en place des mesures de prévention et de protection. Les programmes de santé, dont les plans d'intervention, peuvent utiliser les informations recueillies par la recherche ou par les systèmes d'alerte précoce (par exemple, une augmentation du nombre de patients et des besoins spéciaux) pour renforcer leurs capacités en matière de prise de décision et ainsi adapter le niveau d'intervention en conséquence (OMS, 2015).

En Angleterre, le Cold Weather Plan a comme objectif d'aider la population à prendre davantage conscience des effets néfastes du froid sur la santé afin de fournir des conseils sur la manière de se préparer pour bien répondre aux temps froids. Le plan considère qu'étant donné que la plupart des problèmes de santé liés au froid se produisent lors des températures extérieures relativement modérées, les recommandations et les actions de santé publique relatives au froid doivent être implémentées tout au long de l'année. Les interventions d'urgence sont indiquées en cas de températures extrêmes pour protéger les personnes à risque, telles que les personnes âgées ou handicapées, à faibles revenus et les jeunes enfants (Public Health England, 2018). Ce plan fournit des informations sur les bénéfices sur la santé à se tenir au chaud en hiver, des conseils pour se nourrir sainement et faire de l'exercice, pour chauffer leur maison efficacement, ainsi que des précisions sur les aides financières disponibles ayant pour but d'améliorer l'isolation et le chauffage (Karine Laaidi *et al.*, 2009; Public Health England, 2018).

En France, le Guide national relatif à la prévention et à la gestion des impacts sanitaires et sociaux liés aux vagues de froid a pour objectifs de définir les actions à mettre en œuvre pour détecter, prévenir et limiter les effets sanitaires et sociaux liés aux températures hivernales et leurs aspects collatéraux en portant une attention particulière aux populations à risque (République française, 2018). Ce guide est organisé autour de 4 axes :

- Le **premier axe**, *Prévenir et anticiper les effets des vagues de froid*, repose sur une veille sanitaire et sociale, qui comprend la vigilance météorologique et épidémiologique; sur un dispositif de prévention visant les différentes catégories de populations à risque (personnes sans domicile ou isolées, travailleurs et grand public); sur des dispositifs préventifs spécifiques visant les épidémies de maladies infectieuses et les intoxications au monoxyde de carbone; et sur une préparation des établissements de santé et médico-sociaux.
- Le **deuxième axe**, *Protéger les populations*, repose sur un dispositif de prévention et gestion des impacts sanitaires, qui comprend une veille météorologique saisonnière, un mécanisme d'activation en cas de vague de froid (système d'alerte précoce) et un catalogue de mesures préventives et curatives; sur un dispositif de veille sociale qui comprend l'accueil des personnes sans domicile; et sur des mesures sociales qui comportent le renforcement des équipes pour l'accueil des personnes sans domicile et le recensement des lieux et structures permettant cet accueil.

- Le **troisième axe**, *Informier et communiquer* repose sur des actions d'information et de communication spécifiques, qui comprend les communications préventives et d'urgence; et sur des outils de communication, qui comporte des dépliants, affiches, modèles de communiqués de presse, spots radio, etc.
- Finalement, le **quatrième axe**, *Capitaliser les expériences*, comporte un retour d'expériences organisé avec l'ensemble des acteurs. Les mesures recommandées à la population générale lors de l'arrivée d'une vague de froid sont d'éviter les activités en plein air, chauffer les domiciles et les véhicules, porter des habits chauds et ne pas laisser la tête et les mains découvertes, avoir un apport calorique suffisante ainsi qu'ajuster les traitements médicamenteux (Karine Laaidi *et al.*, 2009).

Bien que les mesures visant à protéger la santé lors des journées les plus froides restent importantes, il convient que l'accent du plan d'intervention doit être appliqué tout au long de l'année pour avoir le plus grand impact sur la morbidité et la mortalité hivernales (Public Health England, 2017). En effet, en Europe, les effets négatifs du froid sur la santé commencent par des températures extérieures relativement modérées (Gasparrini *et al.*, 2015). Le risque de décès augmente à mesure que les températures descendent, et la fréquence plus élevée de jours à des températures modérées signifie que le fardeau pour la santé en nombre absolu de décès est important tout au long de la saison hivernale (Public Health England, 2017). Cependant, étant donné que lors des vagues de froid une plus grande charge de morbidité et mortalité survient ponctuellement et que la préparation ainsi que la réponse à ces événements doivent donc rester robustes et en place, les plans d'intervention doivent couvrir aussi les vagues de froid (Public Health England, 2017). En conséquence, un plan d'intervention pour s'attaquer à l'hiver doit commencer avant l'hiver, comprendre des recommandations d'action tout au long de la saison hivernale ainsi que des interventions d'urgence lors des vagues de froid.

Note importante

Un plan d'intervention pour contrer les impacts sur la santé du froid devrait prévoir également des modifications nécessaires aux mesures d'adaptation du plan afin de répondre à des situations exceptionnelles comme une pandémie. Le plan doit envisager que les différentes mesures de protection contre la pandémie, comme la distanciation physique ou le confinement, peuvent entrer en conflit avec les mesures de protection du plan contre le froid et proposer leur modification si nécessaire : par exemple, aménager les refuges chauffés afin de respecter les consignes d'éloignement physique.

Les systèmes d'alerte ont une importance et font partie d'un plan d'intervention.

3.4.7 MONTER UN SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE POUR LES FROIDS EXTRÊMES

Un éventuel système d'alerte au froid tient principalement 3 composantes :

Indicateurs météorologiques

Le facteur éolien et la température ressentie (basée aussi sur l'humidité) expliqueraient mieux l'effet du froid sur la santé cardiovasculaire que la température absolue (Lin *et al.*, 2018). Par contre, ils sont plus difficiles à opérationnaliser dans les systèmes d'alertes préventives puisque les prévisions relatives au vent et à l'humidité sont moins précises (K. Laaidi *et al.*, 2013). Il est toutefois possible d'ajuster le seuil d'alerte en fonction des données météorologiques historiques afin d'associer les températures ambiantes à la probabilité de survenue d'un facteur éolien ou d'une température

ressentie. À Toronto, par exemple, un seuil de -10 degrés Celsius correspond à la moitié du temps à un facteur éolien équivalent à -15 degrés Celsius ou moins (Gough *et al.*, 2014). Les seuils devraient également tenir compte des particularités climatiques et anthropiques des différentes régions. En Ontario, par exemple, le seuil de température en dessous duquel le taux de visites à l'urgence augmente significativement est plus bas dans le Nord qu'au Sud (VanStone *et al.*, 2017).

Indicateurs sanitaires

Les indicateurs sanitaires surveillés dans un système d'alerte précoce doivent montrer des liens spécifiques avec les vagues de froid. De plus, l'indicateur doit être facile à interpréter, le nombre de cas doit être assez important afin de permettre d'identifier des excès statistiquement significatifs, et le temps entre les vagues de froid et les impacts sanitaires ne doit pas être trop long (supérieur à une semaine) (Karine Laaidi *et al.*, 2015). En effet, plus le temps entre la période de froid et la survenue de l'effet décrit par l'indicateur est court, plus l'indicateur serait approprié pour la vigie. À l'opposé, plus le temps est long, plus l'indicateur serait plutôt adéquat pour le bilan de fin de saison et pour préparer la saison suivante (Karine Laaidi *et al.*, 2015). Ainsi, les décalages estimés entre le pic de froid et son impact varient en fonction de l'impact : le décalage peut être quasi immédiat comme pour les hypothermies ou les engelures; dans les jours qui suivent comme l'angine de poitrine, les arythmies cardiaques, les embolies pulmonaires ou les accidents vasculaires cérébraux ischémiques; et dans les semaines après comme les affections cardiaques ischémiques ou les pathologies respiratoires (Karine Laaidi *et al.*, 2009).

Émission des alertes

Un système d'alerte collecte, analyse, interprète et diffuse systématiquement et continuellement des données d'événements liés à la santé afin d'orienter les actions de santé publique et l'élaboration de politiques (Saunders et Helferty, 2015).

Trois conditions sont nécessaires pour qu'un système d'alerte au froid soit considéré comme pertinent (Karine Laaidi *et al.*, 2009). Premièrement, un indicateur météorologique prédictible doit être mis en évidence à partir de l'analyse rétrospective de séries de données météorologiques et sanitaires. Plusieurs estiment que les températures sont les indicateurs les plus pertinents pour prévoir les impacts sur la santé. En France, par exemple, les indicateurs météorologiques sont les températures maximales et minimales (Karine Laaidi *et al.*, 2009). Deuxièmement, le système d'alerte doit être en mesure d'anticiper la survenue de l'épisode de froid afin de prendre des mesures conjoncturelles correctives. Lors des vagues de froid, une plus grande augmentation de morbidité et mortalité survient ponctuellement, et la préparation et la réponse à ces événements doivent donc rester robustes et en place grâce aux systèmes d'alerte au froid (Public Health England, 2017). Finalement, il doit exister une affection sanitaire évitable par le déclenchement d'une alerte (Karine Laaidi *et al.*, 2009). Le fardeau pour la santé du froid survient tout au long de la saison hivernale à des températures froides relativement modérées. Toutefois, étant donné qu'une plus grande charge ponctuelle de morbidité et de mortalité survient lors des températures froides extrêmes, un système d'alerte froid peut orienter les actions de santé publique lors de ces situations (Public Health England, 2017).

En Ontario, un algorithme basé sur le nombre de visites à l'urgence a été utilisé afin d'établir les seuils de température froide et d'améliorer la précision des systèmes d'alerte en lien avec les risques des températures froides (VanStone *et al.*, 2017). Finalement, au Royaume-Uni, un système d'alerte a été monté à partir des données d'un système de surveillance syndromique utilisant aussi les visites à l'urgence (Hughes *et al.*, 2014). Au Québec, ECCC émet des avertissements de froid extrême

lorsqu'on prévoit que la température ou le refroidissement éolien atteindra $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-48\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour le nord du Québec) pendant au moins deux heures (Environnement Canada, 2020).

Au Québec, les auteurs d'une publication récente ont développé un système d'alerte spécifique pour les impacts sur la santé du froid au Québec (Yan *et al.*, 2020). L'étude a identifié des indicateurs météorologiques et a établi des seuils reliés à des excès importants de mortalité ou hospitalisation. Les seuils proposés, en fonction des climats des régions, varient entre $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ / $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ et entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ / $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour l'excès de mortalité, et ils varient entre $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ / $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ et entre $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ / $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour l'excès d'hospitalisation. De plus, les résultats de l'étude suggèrent que le modèle est très sensible et que le nombre prévu de fausses alertes est minimal.

4 Indicateurs des impacts du froid sur la santé

Une bonne connaissance des impacts sur la santé des périodes de froid contribue à mieux préparer d'éventuels plans d'intervention ainsi qu'à mieux estimer et cibler les besoins en outils de sensibilisation et de communication et en ressources humaines et financières durant l'étape Normale d'un éventuel plan d'intervention.

Parmi les indicateurs sur les impacts sur la santé liés au froid, 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 Transport ambulancier

Un indicateur sur le nombre des transports ambulanciers semble être approprié et sensible pour le suivi des impacts des vagues de froid sur la santé.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

Cette revue ne fait pas référence à cet indicateur. Indicateur proposé : le transport ambulancier.

Froids modérés

Aucune étude n'a pas été repérée.

Froids extrêmes

Les auteurs d'une étude au Japon estiment que les risques relatifs de transport ambulancier toutes causes, pour maladies cardiovasculaires et pour maladies respiratoires augmentent significativement de 24 %, 50 % et 59 % respectivement lors des périodes de froid intenses (1^{er} percentile) comparés aux températures avec la morbidité la plus basse (Onozuka et Hagihara, 2017). Les résultats d'une étude menée dans la ville subtropicale de Shenzhen, Chine, montrent que le risque cumulatif (période de latence : 0 - 28 jours) des transports ambulanciers augmente significativement de 25 % (RR = 1,25, IC 95 % : 1,16-1,35) lors de froids extrêmes (au-dessous du 5^e percentile des températures moyennes journalières) comparé au risque lié à la température optimale (19,5 °C) (Zhan *et al.*, 2018).

4.2 Admission à l'urgence

Le risque d'admission à l'urgence augmente significativement lors des périodes de froids modérés et extrêmes, surtout pour des causes cardiovasculaires et respiratoires.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

Cette revue ne fait pas référence à cet indicateur. Cependant, le risque de maladies coronariennes (liés probablement aux admissions à l'urgence) est significativement lié à l'exposition au froid. Indicateur proposé : les admissions à l'urgence.

Froids modérés

Une étude menée à Taipei, à Taiwan, conclut que le risque cumulé (période de latence : 0 à 3 jours) d'admissions à l'urgence lors des températures moyennes journalières de 14 °C, comparé à celui lors des températures optimales, est significativement plus élevé de 56 % (RR = 1,56, IC 95 % : 1,23-1,97) pour les maladies cérébrovasculaires, de 78 % (RR = 1,78, IC 95 % : 1,37-2,34) pour les maladies hypertensives et de 93 % (RR = 1,93, IC 95 % : 1,26-6,79) pour l'asthme (Y.-C. Wang et Lin, 2014). Les résultats ne sont pas significatifs pour les autres maladies cardiaques, l'insuffisance rénale chronique et le diabète.

Froids extrêmes

Une étude menée à Toronto (déjà citée plus haut) conclut que les personnes avec des problèmes rénaux ou cardiaques préexistants affichent une probabilité plus élevée d'être admises à l'urgence pour des raisons cardiovasculaires lors de froids extrêmes comparativement aux personnes n'ayant pas ce type de problème (Lavigne *et al.*, 2014). Une étude plus récente, menée dans 12 villes chinoises, estime que les effets des températures froides (5^e percentile) commencent au 2^e jour de l'exposition au froid et persistent jusqu'au 30^e jour, provoquant une augmentation cumulative du risque d'admission à l'urgence de 80 % (RR = 1,80, IC 95 % : 1,54-2,11) comparé aux températures du 64^e percentile (Zhao *et al.*, 2017). Une étude menée à Rome en Italie, basée sur un seul épisode de froid extrême, estime que le risque d'admission à l'urgence pendant la vague de froid augmente significativement ($p < 0,001$) pour les infections respiratoires aiguës (40 %), l'insuffisance cardiaque (28 %) et les maladies pulmonaires obstructives chroniques (26 %) (de'Donato *et al.*, 2013). Par contre, une autre étude à Toronto (aussi citée plus haut) n'a pas trouvé d'association entre les admissions à l'urgence associées à des troubles mentaux ou comportementaux et les températures extrêmes froides (X. Wang *et al.*, 2014).

4.3 Hospitalisation

En général, les études analysant l'association entre les froids modérés ou les froids extrêmes et les hospitalisations ne sont pas concluantes. L'association la plus solide est celle avec les hospitalisations pour maladies cardiovasculaires.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

Quelques études signalent une association entre le froid et les hospitalisations dues à des maladies ischémiques cardiaques, maladies cérébrovasculaires et à l'insuffisance cardiaque. Indicateurs proposés : les hospitalisations toutes causes confondues et celles dues aux causes respiratoires, cardiovasculaires et cérébrovasculaires.

Froids modérés

Maladies cardiovasculaires

Une augmentation du risque de maladies cardiovasculaires est associée à l'exposition à des températures froides. Une méta-analyse estime que chaque diminution de 1 °C en dessous de la température optimale augmente significativement de 2,8 % (RR = 1,028, IC 95 % : 1,021-1,035) le risque relatif d'être hospitalisé pour un problème cardiovasculaire (Phung *et al.*, 2016). Les températures optimales varient selon les études : seuil, valeur moyenne ou 90^e percentile. Une réanalyse de méta-analyses estime que chaque diminution de 1 °C est associée à une augmentation significative de la morbidité cardiovasculaire de 0,9 % (RR = 1,009, IC 95 % : 1,004-1,015) chez les adultes de moins de 50 ans et de 1,3 % (RR = 1,013, IC 95 % : 1,007-1,018) chez les adultes de 50 ans et plus (Song *et al.*, 2017). Une autre méta-analyse estime que chaque diminution de 1 °C en comparaison à la température optimale accroît de 1,4 % (RR = 1,014, IC 95 % : 1,004-1,024) le risque relatif d'être hospitalisé pour un infarctus du myocarde (Sun *et al.*, 2018). D'un autre côté, une méta-analyse récente chez les personnes âgées (plus de 12 millions de cas) ne démontre pas un lien significatif (RR = 1,000, IC 95 % : 0,993-1,007) (19 estimations) entre le froid et les maladies cardiovasculaires (hospitalisation, admission à l'urgence, consultations) (Bunker *et al.*, 2016).

En Ontario, il a été évalué que les risques relatifs aux hospitalisations de 1996 à 2013 pour les maladies cardiaques coronariennes, les infarctus du myocarde et les accidents vasculaires cérébraux sont respectivement de 9 % (RR = 1,09, IC 95 % : 1,01-1,16), 29 % (RR = 1,29, IC 95 % : 1,15-1,45) et de 11 % (RR = 1,11, IC 95 % : 1,01-1,22) significativement plus élevés lors des températures les plus froides (1^{er} percentile) comparativement à la température optimale (Bai *et al.*, 2018). Les températures optimales étaient au 94^e percentile pour les maladies coronariennes, au 79^e percentile pour les infarctus, et au 74^e percentile pour les accidents vasculaires cérébraux.

Au Québec, une étude estime qu'une diminution de 1 °C sous un certain seuil de la température moyenne de 3 jours est associée à une augmentation significative du risque d'excès du taux d'hospitalisation pour une cardiopathie ischémique chez les hommes de 45 à 64 ans dans 5 des 15 régions sociosanitaires analysées : Bas-Saint-Laurent (12,32 %), Lanaudière (7,22 %), Capitale-Nationale (1,72 %), Outaouais (1,51 %) et Montréal (1,03 %) (Bayentin *et al.*, 2010). Toutefois, ces impacts diminuaient avec le temps pendant la période à l'étude (1989 à 2006). Les seuils étaient différents pour chaque région et ils ne sont pas présentés dans l'article. Chez les femmes et chez les personnes de 65 ans et plus, les résultats ne sont pas concluants. Les auteurs d'une autre étude au Québec sur une cohorte de près de 113 000 personnes de 65 ans et plus avec un diagnostic d'insuffisance cardiaque estiment que le risque d'hospitalisation ou de décès pour insuffisance cardiaque augmente significativement de 0,7 % pour chaque diminution de 1 °C de la température moyenne des 3 ou 7 jours avant l'évènement de santé (hospitalisation ou décès) (Vanasse *et al.*, 2017).

Maladies respiratoires

Le lien entre les maladies respiratoires et le froid a été relativement peu étudié. La seule méta-analyse repérée estime que chaque diminution de la température de 1 °C sous un certain seuil (seuil différent selon les études) est associée à une augmentation significative du risque relatif de morbidité (hospitalisation, admissions à l'urgence et consultations) de 4,9 % (RR = 1,049, IC 95 % : 1,015-1,084) (13 estimations) pour des maladies respiratoires (influenza incluse), et de 6,9 % (RR = 1,069, IC 95 % : 1,012-1,130) (4 estimations) pour pneumonie (Bunker *et al.*, 2016). Les auteurs de cette étude ne trouvent pas d'augmentation significative du risque relatif pour l'asthme (RR = 1,038, IC 95 % : 0,906-1,190) (2 estimations).

Maladies cérébrovasculaires

Deux méta-analyses évaluent le lien entre les maladies cérébrovasculaires et le froid. Une des études repérées estime que chaque diminution de la température de 1 °C sous un certain seuil (seuil différent selon les études) est associée à une augmentation significative du risque relatif d'hémorragie intracérébrale (hospitalisations, admissions à l'urgence et consultations) de 1,5 % (RR = 1,015, IC 95 % : 1,010-1,019) (2 estimations) (Bunker *et al.*, 2016). Cette étude n'établit pas une augmentation significative du risque relatif aux AVC ischémiques (RR = 1,036, IC 95 % : 0,961-1,118) (2 estimations). L'autre méta-analyse estime que chaque diminution de la température de 1 °C entre le 25^e et le 1^{er} percentile est aussi significativement associée à une augmentation du risque relatif à un AVC de 1 % (RR = 1,010, IC 95 % : 1,003-1,016) (8 estimations) (Lian *et al.*, 2015).

Insuffisance rénale aiguë

Une étude de série chronologique menée à Séoul, en Corée du Sud, estime que chaque diminution de la température moyenne de 1 °C n'augmente pas significativement le risque d'hospitalisation pour insuffisance rénale aiguë (RR = 1,004, IC 95 % : 0,999-1,009) (Lim *et al.*, 2018).

Froids extrêmes

Hospitalisation pour toutes causes confondues

Les auteurs d'une méta-analyse n'arrivent pas à conclure quant au lien entre les hospitalisations et les vagues de froid en raison, principalement, du nombre limité d'études (Ryti *et al.*, 2016). Une étude réalisée à Shanghai, en Chine, basée sur une seule vague de froid (7 jours consécutifs ou plus avec une température maximale et moyenne au-dessous du 3^e percentile), estime que le risque relatif d'hospitalisation pour toutes causes confondues pendant la vague de froid augmente significativement de 38 % (RR = 1,38, IC 95 % : 1,35-1,40) par rapport aux périodes sans vague de froid (Ma *et al.*, 2011).

Maladies cardiovasculaires

Le lien entre les maladies cardiovasculaires et les vagues de froid a été peu étudié, seulement 3 articles originaux (dont aucune méta-analyse) ont été repérés. L'étude de Shanghai en Chine (citée plus haut) (Ma *et al.*, 2011), estime que le risque relatif d'être hospitalisé pour des maladies cardiovasculaires pendant une vague de froid (7 jours consécutifs ou plus avec une température maximale et moyenne au-dessous du 3^e percentile) augmente significativement de 33 % (RR = 1,33, IC 95 % : 1,28-1,37) par rapport aux périodes sans vague de froid. Une étude menée à Moscou en Russie ne démontre pas une augmentation significative du risque d'hospitalisations pour l'infarctus du myocarde pendant les jours suivant le début des vagues de froid (5 jours consécutifs ou plus avec une température moyenne au-dessous du 3^e percentile, -13,8 °C) (Shaposhnikov *et al.*, 2014). Finalement, une analyse basée sur les données de 2 études prospectives chez des personnes âgées au Royaume-Uni estime que les vagues de froid (3 jours consécutifs ou plus avec une température moyenne au-dessous du 10^e percentile) sont associées, dans l'une des études (hommes seulement), à une augmentation significative de l'incidence de maladies cardiovasculaires de 86 % (RR = 1,86, IC 95 % : 1,30-2,65) et dans l'autre étude (hommes et femmes), il n'y a pas d'augmentation significative (RR = 0,91, IC 95 % : 0,53-1,57) (Sartini *et al.*, 2016).

Maladies respiratoires

L'étude chinoise réalisée à Shanghai (citée plus haut) (Ma *et al.*, 2011), estime que le risque relatif d'être hospitalisé pour des maladies respiratoires (influenza incluse) pendant une vague de froid (7 jours consécutifs ou plus avec une température maximale et moyenne au-dessous du 3^e percentile) augmente significativement de 32 % (RR = 1,32, IC 95 % : 1,24-1,40) par rapport aux périodes sans vague de froid. Par contre, dans l'état de New York aux États-Unis, une étude produite durant les mois de décembre à mars de 1991 à 2006, signale que le risque d'hospitalisation pour l'asthme diminue significativement de 4,9 % (RR = 0,951, IC 95 % : 0,922-0,981) pendant et après la durée de la vague de froid comparé au nombre moyen d'hospitalisations avant la vague (Fitzgerald *et al.*, 2014). Une vague de froid est définie dans l'étude comme 3 jours consécutifs ou plus où la température moyenne ressentie dans la semaine avant la date d'admission est au-dessous du 10^e percentile pour une région et un mois donné.

Maladies cérébrovasculaires

La seule étude repérée, menée à Moscou en Russie (citée plus haut) (Shaposhnikov *et al.*, 2014), estime, à partir de 1 096 hospitalisations pour AVC, que le risque d'hospitalisations pendant les jours suivants le début des vagues de froid (5 jours consécutifs ou plus avec une température moyenne au-dessous du 3^e percentile, -13,8 °C) augmente significativement de 91 % (RR = 1,91, IC 95 % : 1,07-3,41).

Blessures

L'hiver entraîne également une consommation accrue d'électricité de même que l'utilisation de poêles à bois, de foyers et d'autres sources de chaleur qui accroissent le risque de brûlures. Au Québec, des températures de -30 degrés Celsius entre 1989 et 2014 ont augmenté de 51 % (RC = 1,51, IC 95 % : 1,22-1,87) le risque d'être admis à l'hôpital pour une brûlure en comparaison aux températures au point de congélation (Ayoub *et al.*, 2017). Aucune étude n'a été repérée concernant le lien entre le froid et les intoxications par monoxyde de carbone.

4.4 Mortalité

Les mortalités toutes causes confondues, pour maladies cardiovasculaires et pour maladies cérébrovasculaires augmentent de façon significative lors des périodes de froid : froids modérés et froids extrêmes. L'association entre le froid et la mortalité pour causes respiratoires n'est pas concluante.

Bustinza, Tairou, Gosselin et Bélanger (2010)

L'indicateur sanitaire le plus souvent utilisé est la mortalité toutes causes confondues. La mortalité toutes causes, respiratoire et cardiovasculaire est associée, dans plusieurs études, aux baisses des températures hivernales. Indicateur proposé : mortalité toutes causes et causes spécifiques diverses.

Froids modérés

Mortalité toutes causes confondues

Une étude avec des données de 385 régions dans le monde estime que la fraction attribuable des décès toutes causes liées aux températures froides (en-dessous de la température optimale) est de 7,3 % (ICe8 : 7,0 % - 7,5 %) significativement plus élevée que celle des décès liés à la température optimale (température avec la mortalité la plus basse) (Gasparrini *et al.*, 2015). La température optimale varie énormément selon les régions ayant du 62^e percentile dans les régions tropicales et du 93^e percentile dans les régions tempérées. Au Canada (21 villes), la fraction attribuable aux températures froides est de 4,5 % (ICe : 3,4 % - 5,5 %) et la température optimale est établie au 81^e percentile.

Une méta-analyse réalisée en 2012 estime que le risque de mortalité toutes causes confondues pour les personnes de plus de 65 ans augmente significativement pour chaque diminution de 1 °C de la température moyenne dans les intervalles de 15 à 11 °C (RR = 1,009, IC 95 % : 1,001-1,018 – 8 estimations) et de 11 à 5 °C (RR = 1,010, IC 95 % : 1,001-1,019 – 8 estimations) (Yu *et al.*, 2012). Les risques, par contre, ne sont pas significatifs dans les intervalles de 5 à 0 °C (RR = 1,010, IC 95 % : 0,993-1,046 – 7 estimations).

En Ontario, il a été estimé que chaque réduction de 5 °C de la température moyenne journalière pendant la saison hivernale correspond à un accroissement significatif de 3 % (RR = 1,030, IC 95 % : 1,018-1,042) du risque cumulé (période de latence : 0 à 6 jours) des décès non accidentels (H. Chen *et al.*, 2016).

Mortalité pour maladies cardiovasculaires

Une méta-analyse récente estime que l'exposition au froid (diminution de la température de 1 °C ou une température en-dessous d'un certain percentile) est associée à une augmentation significative du risque relatif de mortalité pour des maladies cardiovasculaires de 5,5 % (RR = 1,055, IC 95 % : 1,050-1,060) (33 estimations) (Moghadamnia *et al.*, 2017). L'impact était similaire tant chez les hommes (RR = 1,038, IC 95 % : 1,034-1,043) que chez les femmes (RR = 1,041, IC 95 % : 1,037-1,045). Par ailleurs, l'impact était le plus élevé dans la période comprise entre le début de l'exposition au froid et les 14 jours suivants (RR = 1,09, IC 95 % : 1,07-1,10). Une autre méta-analyse récente réalisée chez les personnes âgées (plus de 12 millions de cas) estime que chaque diminution de la température de 1 °C sous un certain seuil (seuil différent selon les études) est associée à une augmentation significative du risque relatif de décès pour des maladies cardiovasculaires de 1,7 % (RR = 1,017, IC 95 % : 1,012-1,021) (26 estimations) (Bunker *et al.*, 2016). La même étude ne présente pas de lien significatif pour les décès associés à des maladies ischémiques cardiaques (RR = 1,005, IC 95 % : 1,000-1,009) (2 estimations).

En Ontario, chaque réduction de 5 °C de la température moyenne journalière pendant la saison hivernale est associée à une augmentation significative du risque cumulé (période de latence : 0 à 6 jours) de mortalité cardiovasculaire totale de 4,1 % (RR = 1,041, IC 95 % : 1,023-1,059), et de décès causé par des maladies cardiaques ischémiques de 5,8 % (RR = 1,058, IC 95 % : 1,036-1,081) (H. Chen *et al.*, 2016).

8 ICe : Intervalles de confiance empiriques calculés en utilisant des simulations de Monte Carlo.

Mortalité pour maladies respiratoires

Une méta-analyse récente chez les personnes âgées (plus de 12 millions de cas) estime que chaque diminution de la température de 1 °C sous un certain seuil (seuil différent selon les études) est associée à une augmentation significative du risque relatif de décès pour des maladies respiratoires de 2,9 % (RR = 1,029, IC 95 % : 1,018-1,040) (22 estimations). (Bunker *et al.*, 2016).

Mortalité cérébrovasculaire

Une méta-analyse chez les personnes âgées (plus de 12 millions de cas) estime que chaque diminution de la température de 1 °C sous un certain seuil (seuil différent selon les études) est associée à une augmentation significative du risque relatif de décès pour des maladies cérébrovasculaires de 1,2 % (RR = 1,012, IC 95 % : 1,007-1,018) (14 estimations) (Bunker *et al.*, 2016). Une autre méta-analyse estime que chaque diminution de la température de 1 °C entre le 25^e et le 1^{er} percentile est aussi significativement associée à une augmentation du risque relatif de mortalité pour AVC de 1,2 % (RR = 1,012, IC 95 % : 1,009-1,015) (18 estimations) (Lian *et al.*, 2015).

Froids extrêmes

Mortalité toutes causes

Une méta-analyse réalisée en 2016 estime que les vagues de froid (température en-dessous d'un certain seuil pendant au moins 2 jours consécutifs) sont associées à une augmentation significative du risque de mortalité pour des causes non accidentelles de 10 % (RR = 1,10, IC 95 % : 1,04-1,17 – 9 estimations) (Ryti *et al.*, 2016). Une étude récente menée dans 66 communautés chinoises estime que le risque cumulé (période de latence : 0 à 27 jours) de mortalité non accidentelle augmente significativement de 28 % (RR = 1,282, IC 95 % : 1,214-1,353) lors des vagues de froid (température moyenne journalière sous le 5^e percentile pendant 2 jours ou plus) comparé aux périodes sans vague de froid (L. Wang *et al.*, 2016).

Selon l'étude de Gasparrini (cité dans la section précédente), la mortalité attribuable aux températures extrêmes (au-dessous du 2,5^e percentile) ne représente qu'une petite fraction : 0,6 % (les intervalles de confiance ne sont pas présentés) de la mortalité totale liée aux températures froides (7,3 %), tandis que le reste, 6,7 % (ICe4 : 6,4 % - 6,9 %), est attribuable aux froids modérés (entre le 2,5^e percentile et la température optimale) (Gasparrini *et al.*, 2015).

Au Québec, les résultats d'une étude montrent que le risque de mortalité à -20 °C est approximativement 20 % plus élevé à Québec et 40 % plus élevé à Montréal en comparaison à la température de mortalité minimale (18 à 19 °C) (Martin *et al.*, 2012).

Mortalité pour maladies cardiovasculaires

Une méta-analyse estime que les vagues de froid (température en-dessous d'un certain seuil pendant au moins 2 jours consécutifs) sont associées à une augmentation significative du risque de mortalité pour des maladies cardiovasculaires de 11 % (RR = 1,11, IC 95 % : 1,03-1,19 – 12 estimations) (Ryti *et al.*, 2016).

Mortalité pour maladies respiratoires

Une méta-analyse estime que les vagues de froid (température en-dessous d'un certain seuil pendant au moins 2 jours consécutifs) ne sont pas associées à une augmentation significative du risque de mortalité pour des maladies respiratoires (RR = 1,21, IC 95 % : 0,97-1,51 – 8 estimations) (Ryti *et al.*, 2016).

Mortalité cérébrovasculaire

Au Québec, une étude compare le risque de décès pour un AVC hémorragique ischémique selon l'exposition au froid (≤ -20 °C versus > 0 °C des températures minimales journalières) (Polcaro-Pichet *et al.*, 2019). Les résultats démontrent que les hommes ont un risque significativement plus élevé de 17 % (RR = 1,17, IC 95 % : 1,04-1,32) de décéder d'un AVC hémorragique. Toutefois, les résultats ne sont pas significatifs pour les femmes, ni pour l'AVC ischémique.

Note : les études faisant appel à l'indice d'excès de mortalité hivernale (EWMI en anglais) n'ont pas été rapportées dans cette mise à jour, car la méthodologie employée a été récemment fortement remise en question (Hajat, 2017; Liddell *et al.*, 2016). L'EWMI est calculé en comparant les décès des mois de décembre à mars, établi comme période hivernale avec les décès des 4 mois précédents et les 4 mois postérieurs. Toutefois, il est possible que les décès liés au froid aient lieu avant ou après cette période hivernale ce qui peut entraîner un biais important, car ces décès se retrouveraient dans le dénominateur plutôt que dans le numérateur. De plus, si des vagues de chaleur ont lieu pendant les mois de comparaison, d'autres biais importants peuvent ainsi se présenter.

4.5 Autres impacts liés au froid

Les femmes enceintes peuvent aussi être plus spécifiquement affectées par le froid. Une revue systématique de la littérature estime que des températures en dessous de la moyenne saisonnière et que la saison froide accroissent la probabilité de survenue de pré-éclampsie (Poursafa *et al.*, 2015). Cependant, le risque est surtout plus élevé par rapport aux saisons intermédiaires plutôt qu'en comparaison à l'été. D'autre part, l'association entre les températures froides à la fin de la grossesse et la pré-éclampsie pourrait être biaisée à cause du temps de gestation. En effet, l'ajustement de la variable « durée de la grossesse » enlève l'association, possiblement à cause que la pré-éclampsie se présente habituellement tôt dans la grossesse (Auger *et al.*, 2017). Des résultats d'une autre revue systématique font ressortir que les températures froides augmentent le risque de mortinaissance avant le début du travail d'accouchement (Strand *et al.*, 2011). Finalement, des pics de naissances prématurées sont observés à l'hiver, mais aussi à l'été (Strand *et al.*, 2011). Les auteurs estiment que cela indique que les températures extrêmes peuvent avoir un effet déterminant sur les naissances.

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 le Géo portail de santé publique.

Par ailleurs, afin de mieux interpréter l'importance relative des indicateurs présentés dans cette révision, il faut prendre en considération que certains indicateurs peuvent présenter des liens de dépendance ou de corrélation entre eux.

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. L'identification de ces indicateurs 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 associés :

- les conditions météorologiques liées au froid (section 5.1);
- l'exposition au froid (section 5.2);
- la sensibilité au froid (section 5.3);
- les mesures d'adaptation au regard du froid (section 5.4);
- les impacts du froid sur la santé (section 5.5).

5.1 Conditions météorologiques liées au froid

Plusieurs indicateurs touchant la température sont utilisés dans les différentes études pour évaluer l'exposition quotidienne au froid à partir des températures absolues minimales, maximales ou moyennes jusqu'aux températures relatives (percentiles). L'indicateur le plus approprié pour mesurer l'exposition au froid serait la température quotidienne moyenne. Un indice récemment développé, l'indice climatique thermique universel (Universal Thermal Climate Index ou UTCI), semble prometteur, car il intègre des informations comme l'équilibre thermique ou la physiologie du corps humain. L'importance de l'humidité, de la vitesse du vent ou de la pollution atmosphérique comme modulateurs des impacts du froid sur la santé reste controversée ou peu étudiée. En général, les villes avec des hivers plus doux montrent un risque plus élevé d'impact sur la santé de la population lors des vagues de froid que celui des villes avec des hivers plus sévères. La durée des vagues de froid aurait une influence plus importante sur les impacts sur la santé associés au froid que l'intensité de la vague, mais pour quelques études, la durée de la vague ne serait pas représentative de l'exposition au froid. Il n'existe toutefois pas de consensus sur la durée d'une vague ayant le potentiel de provoquer des impacts sur la santé, pouvant aller généralement de 2 jours à 2 semaines. En ce qui concerne la définition d'une vague de froid quant aux seuils représentant un risque sur la santé, elle est très différente selon les études. Certaines études suggèrent qu'il pourrait avoir un sommet de mortalité liée au froid non seulement au début de la saison hivernale, mais également à la fin de celle-ci. Les indicateurs des conditions météorologiques disponibles dans SUPREME et le Géo portail, ainsi que les recommandations issues de cette revue, sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 Indicateurs des conditions météorologiques liées au froid

Indicateurs	Disponibilité		Recommandations*
	SUPREME	Géo portail de santé publique	
▪ Températures quotidiennes	Oui	Non	Garder les indicateurs de température actuellement disponibles. Ajouter au portail SUPREME la température moyenne quotidienne prévue et historique.
▪ Humidité de l'air	Oui	Non	Garder cet indicateur.
▪ Vitesse du vent	Non	Non	Pas de justification pour l'inclure.
▪ Indices d'inconfort	Non	Non	Considérer l'ajout de l'indice climatique thermique universel (UTCI)
▪ Sévérité des hivers	Non	Non	Considérer l'ajout d'un indicateur identifiant les villes avec les hivers les plus doux.
▪ Froids extrêmes : durée et intensité	Oui	Non	Garder cet indicateur.
▪ Froids extrêmes : moment de la survenue	Oui	Non	Identifier les froids extrêmes arrivant en décembre ou en mars ou tard dans la saison hivernale.
▪ Pollution atmosphérique	Oui	Non	Pas de justification pour l'inclure.

* En **gras**, les recommandations concernant un nouvel indicateur.

5.2 Exposition au froid

Le peu de données scientifiques disponibles indique que le risque sur la santé pourrait augmenter lors des périodes hivernales en raison de la défavorisation économique. Des logements mal isolés augmentent l'exposition au froid des locataires et accroissent les risques d'impacts nocifs du froid sur la santé.

Le peu d'études disponibles indiquent que le fait de vivre en milieu rural n'a pas d'influence concluante à l'égard des impacts du froid sur la santé. Par ailleurs, il existerait un lien entre les blessures professionnelles et les températures basses extrêmes. Cependant, ce lien semble être indépendant du temps passé à l'extérieur par le travailleur.

Il est évident qu'être en situation d'itinérance constitue un risque important d'être exposé au froid hivernal. Également, bien que les études ne l'aient pas évalué spécifiquement, ces personnes feraient une grande utilisation des services de santé lors de périodes de froid importantes.

Les indicateurs d'exposition au froid disponibles dans SUPREME et le Géo portail, ainsi que les recommandations issues de cette revue, sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 Indicateurs d'exposition au froid

Indicateurs	Disponibilité		Recommandations*
	SUPREME	Géo portail de santé publique	
▪ Défavorisation matérielle	Non	Oui	Garder ces indicateurs. Des mises à jour sont nécessaires régulièrement.
▪ Condition du logement	Non	Oui	
▪ Résidence en milieu rural	Non	Non	Pas de justification pour les inclure.
▪ Temps passé à l'extérieur	Non	Non	
▪ Isolement social	Non	Non	Inclure l'information sur les régions avec plus de personnes en situation d'itinérance.

* En **gras**, les recommandations concernant un nouvel indicateur.

5.3 Sensibilité au froid

Les risques sur la santé liés au froid seraient plus importants pour les personnes âgées lors des froids extrêmes, mais les études ne sont pas concluantes concernant les froids modérés. Le nombre d'études est limité, mais les hommes seraient plus à risque d'être hospitalisés ou de décéder que les femmes lors des périodes de froid modéré ou extrême, et cela particulièrement chez les hommes âgés. La présence de certaines maladies préexistantes semble accroître les risques sur la santé pour les personnes qui en souffrent, tant lors des froids modérées ou extrêmes. Les indicateurs de sensibilité disponibles dans SUPREME et le Géo portail, ainsi que les recommandations issues de cette revue, sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 Indicateurs de sensibilité au froid

Indicateurs	Disponibilité		Recommandations*
	SUPREME	Géo portail de santé publique	
▪ Âge	Non	Oui	Garder cet indicateur. Des mises à jour sont nécessaires régulièrement.
▪ Sexe	Non	Non	Considérer inclure cet indicateur.
▪ Morbidité préexistante	Non	Oui	Garder cet indicateur. Des mises à jour sont nécessaires régulièrement.
▪ Pays d'origine des immigrants	Non	Non	Pas de justification pour l'inclure.

* En **gras**, les recommandations concernant un nouvel indicateur.

5.4 Mesures d'adaptation au regard du froid

Les mesures individuelles les plus fréquemment utilisées consistent à porter des vêtements chauds et à passer moins de temps à l'extérieur afin de réduire l'exposition au froid. Les mesures d'adaptation pour réduire l'exposition au froid, comme la bonification de l'efficacité énergétique ou le chauffage domestique, semblent améliorer la santé. Les refuges chauffés pourraient diminuer les effets sur la santé du froid, particulièrement pour les personnes en situation d'itinérance. Le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail propose des seuils de températures acceptables pour le travail en fonction des variables hydrométéorologiques et du type de travail. Un plan d'intervention inclut la communication des alertes, l'éducation de la population, l'accompagnement des personnes à risque et la mise en place de mesures de prévention et de protection.

Bien que la plupart des mesures d'adaptation au froid concernant leur effectivité aient été peu étudiées, le développement d'indicateurs de santé publique semble adéquat en raison du potentiel effet bénéfique des mesures sur la santé.

Le tableau 6 présente les indicateurs des mesures d'adaptation au regard du froid disponibles dans SUPREME et le Géo portail, ainsi que les recommandations issues de cette revue.

Tableau 6 Indicateurs des mesures d'adaptation au regard du froid

Indicateurs	Disponibilité		Recommandations*
	SUPREME	Géo portail de santé publique	
Mesures individuelles			
<ul style="list-style-type: none"> Porter des vêtements chauds 	Non	Non	Développer des Indicateurs concernant le suivi de la mesure et sur la promotion du comportement.
<ul style="list-style-type: none"> Passer moins de temps à l'extérieur 	Non	Non	
Mesures populationnelles			
<ul style="list-style-type: none"> Améliorer le chauffage ou l'efficacité énergétique des logements 	Non	Non	Développer un indicateur sur le nombre de logements ayant amélioré le chauffage ou l'efficacité énergétique.
<ul style="list-style-type: none"> Mettre à disposition de la population des refuges chauffés 	Non	Non	Des indicateurs sur le nombre et la localisation des refuges, ainsi comme sur leur utilisation lors des périodes de froid.
<ul style="list-style-type: none"> Adopter des mesures de protection pour les travailleurs 	Non	Non	Établir de seuils de température basés sur l'impact sur la santé du froid afin de rendre acceptables, du point de vue de la santé publique, les conditions de travail.

Tableau 6 Indicateurs des mesures d'adaptation au regard du froid (suite)

Indicateurs	Disponibilité		Recommandations*
	SUPREME	Géo portail de santé publique	
Mesures populationnelles			
<ul style="list-style-type: none"> Préparer un plan d'intervention 	Non	Non	Développer des indicateurs de performance.
<ul style="list-style-type: none"> Monter un système d'alerte précoce 	Non	Non	

* En **gras**, les recommandations concernant un nouvel indicateur.

5.5 Impacts du froid sur la santé

Un indicateur sur le nombre des transports ambulanciers semble être approprié et sensible pour le suivi des impacts des vagues de froid sur la santé. Le risque d'admission à l'urgence augmente significativement lors de périodes de froids modérés et extrêmes, surtout pour des causes cardiovasculaires et respiratoires. En général, les études analysant l'association entre les froids modérés ou les froids extrêmes et les hospitalisations ne sont pas concluantes. L'association la plus tangible est celle avec les hospitalisations pour maladies cardiovasculaires. La mortalité toutes causes confondues augmente de façon significative lors des périodes de froids modérés et de froids extrêmes. Les mortalités pour des maladies cardiovasculaires et pour des maladies cérébrovasculaires augmentent de façon significative lors des périodes de froids modérés et de froids extrêmes. L'association entre le froid et la mortalité pour causes respiratoires n'est pas concluante. Les indicateurs d'impact du froid sur la santé disponibles dans SUPREME et le Géo portail, ainsi que les recommandations issues de cette revue, sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 7 Indicateurs d'impact du froid sur la santé

Indicateurs	Disponibilité		Recommandations*
	SUPREME	Géo portail de santé publique	
<ul style="list-style-type: none"> Transport ambulancier 	Oui	Non	Garder ces indicateurs. Des mises à jour quotidiennes sont nécessaires.
<ul style="list-style-type: none"> Admission à l'urgence 	Oui	Non	
<ul style="list-style-type: none"> Hospitalisation 	Oui	Non	
<ul style="list-style-type: none"> Mortalité 	Oui	Non	

6 Références

- Agence européenne pour l'environnement. (2016). *L'inversion de température emprisonne la pollution au niveau du sol*. Agence européenne pour l'environnement.
<https://www.eea.europa.eu/fr/pressroom/infographies/l2019inversion-de-temperature-emprisonne-la/view>
- Almendra, R., Santana, P. et Vasconcelos, J. (2017). Evidence of social deprivation on the spatial patterns of excess winter mortality. *International Journal of Public Health*, 62(8), 849-856.
- Auger, N., Siemiatycki, J., Bilodeau-Bertrand, M., Healy-Profitos, J. et Kosatsky, T. (2017). Ambient temperature and risk of preeclampsia: biased association? *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 31(4), 267-271. 10.1111/ppe.12362
- Ayoub, A., Kosatsky, T., Smargiassi, A., Bilodeau-Bertrand, M. et Auger, N. (2017). Risk of hospitalization for fire-related burns during extreme cold weather. *Environmental Research*, 158, 393-398. 10.1016/j.envres.2017.07.001
- Bai, L., Li, Q., Wang, J., Lavigne, E., Gasparrini, A., Copes, R., Yagouti, A., Burnett, R. T., Goldberg, M. S., Cakmak, S. et Chen, H. (2018). Increased coronary heart disease and stroke hospitalisations from ambient temperatures in Ontario. *Heart*, 104(8), 673-679. 10.1136/heartjnl-2017-311821
- Barreca, A. (2012). Climate change, humidity, and mortality in the United States. *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(1), 19-34.
- 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. 10.1186/1476-072X-9-5
- Bélanger, D., Gosselin, P., Valois, P. et Abdous, B. (2006). *Vagues de froid au Québec méridional: adaptations actuelles et suggestions d'adaptations futures*. Institut national de santé publique du Québec.
- Braubach, M., Jacobs, D. E. et Ormandy, D. (2011). Environmental burden of disease associated with inadequate housing: A method guide to the quantification of health effects of selected housing risks in the WHO European Region (p. 227). World Health Organization.
http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0003/142077/e95004.pdf
- Bunker, A., Wildenhain, J., Vandenbergh, 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. 10.1016/j.ebiom.2016.02.034
- Bustanza, R., Tairou, F. O., Gosselin, P. et Bélanger, D. (2010). *Proposition d'indicateurs aux fins de vigie et surveillance des troubles de la santé liés au froid*. Institut national de la santé publique du Québec.
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety. (s. d.). *Temperature conditions - Legislation*.
<http://www.ccohs.ca/>

- Chen, H., Wang, J., Li, Q., Yagouti, A., Lavigne, E., Foty, R., Burnett, R. T., Villeneuve, P. J., Cakmak, S. et 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. 10.9778/cmajo.20150111
- Chen, V. Y.-J., Wu, P.-C., Yang, T.-C. et Su, H.-J. (2010). Examining non-stationary effects of social determinants on cardiovascular mortality after cold surges in Taiwan. *The Science of the Total Environment*, 408(9), 2042-2049. 10.1016/j.scitotenv.2009.11.044
- Cheng, C. S., Campbell, M., Li, Q., Li, G., Auld, H., Day, N., Pengelly, D., Gingrich, S., Klaassen, J. et 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.
- CNESST. (2019). *Travailler au froid : prévenir et soigner les lésions dues au froid* (p. 24). CNESST. <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/200/Documents/DC200-16182web.pdf>
- CNESST. (2020). *Travailler au froid : la prévention en images*. CNESST. https://www.csst.qc.ca/prevention/theme/travail_froid/Pages/travailler-au-froid-prevention-images.aspx
- Cusack, L., van Loon, A., Kralik, D., Arbon, P. et Gilbert, S. (2013). Extreme weather-related health needs of people who are homeless. *Australian Journal of Primary Health*, 19(3), 250-255. 10.1071/PY12048
- Dalziel, B. D., Kissler, S., Gog, J. R., Viboud, C., Bjørnstad, O. N., Metcalf, C. J. E. et Grenfell, B. T. (2018). Urbanization and humidity shape the intensity of influenza epidemics in U.S. cities. *Science*, 362(6410), 75-79. 10.1126/science.aat6030
- Davis, R. E., McGregor, G. R. et Enfield, K. B. (2016). Humidity: A review and primer on atmospheric moisture and human health. *Environmental Research*, 144, 106-116. 10.1016/j.envres.2015.10.014
- De' Donato, F. K., Leone, M., Noce, D., Davoli, M. et Michelozzi, P. (2013). The impact of the February 2012 cold spell on health in Italy using surveillance data. *PloS One*, 8(4), e61720. 10.1371/journal.pone.0061720
- Environnement Canada. (2020). *Critères d'alertes météo publiques*. Gouvernement du Canada. <http://ec.gc.ca/https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/types-previsions-meteorologiques-utilisation/publiques/criteres-alertes-meteo.html#froidExtreme/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=D9553AB5-1>
- Fitzgerald, E. F., Pantea, C. et Lin, S. (2014). Cold spells and the risk of hospitalization for asthma: New York, USA 1991-2006. *Lung*, 192(6), 947-954. 10.1007/s00408-014-9645-y
- 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. 10.1016/j.envres.2014.04.022
- Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., Tobias, A., Tong, S., Rocklöv, J., Forsberg, B., Leone, M., De Sario, M., Bell, M. L., Guo, Y.-L. L., Wu, C., Kan, H., Yi, S.-M., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Saldiva, P. H. N., ... Armstrong, B. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *The Lancet*, 386(9991), 369-375. 10.1016/S0140-6736(14)62114-0

- Gough, W. A., Tam, B. Y., Mohsin, T. et Allen, S. M. J. (2014). Extreme cold weather alerts in Toronto, Ontario, Canada and the impact of a changing climate. *Urban Climate*, 8, 21-29. 10.1016/j.uclim.2014.02.006
- Gouvernement du Canada. (2017). *Aperçu du marché : précarité thermique au Canada - efficacité énergétique moindre dans les ménages à plus faible revenu*. Gouvernement du Canada. <https://www.cer-rec.gc.ca/nrg/ntgrtd/mrkt/snpsh/2017/08-05flpvrt-fra.html>
- Gronlund, C. J., Sullivan, K. P., Kefelegn, Y., Cameron, L. et O'Neill, M. S. (2018). Climate change and temperature extremes: a review of heat-and cold-related morbidity and mortality concerns of municipalities. *Maturitas*.
- Hajat, S. (2017). Health effects of milder winters: a review of evidence from the United Kingdom. *Environmental Health*, 16(Suppl 1), 109. 10.1186/s12940-017-0323-4
- Hales, S., Blakely, T., Foster, R. H., Baker, M. G. et Howden-Chapman, P. (2012). Seasonal patterns of mortality in relation to social factors. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 66(4), 379-384. 10.1136/jech.2010.111864
- Holmer, I. (2009). Evaluation of cold workplaces: an overview of standards for assessment of cold stress. *Industrial Health*, 47(3), 228-234.
- Howden-Chapman, P., Viggers, H., Chapman, R., O'Sullivan, K., Telfar Barnard, L. et Lloyd, B. (2012a). Tackling cold housing and fuel poverty in New Zealand: A review of policies, research, and health impacts. *Energy Policy*, 49, 134-142. 10.1016/j.enpol.2011.09.044
- Howden-Chapman, P., Viggers, H., Chapman, R., O'Sullivan, K., Telfar Barnard, L. et Lloyd, B. (2012 b). Tackling cold housing and fuel poverty in New Zealand: A review of policies, research, and health impacts. *Energy Policy*, 49, 134-142. 10.1016/j.enpol.2011.09.044
- Hughes, H., Morbey, R., Hughes, T., Locker, T., Shannon, T., Carmichael, C., Murray, V., Ibbotson, S., Catchpole, M., Mccloskey, B., Smith, G. et Elliot, A. (2014). Using an Emergency Department Syndromic Surveillance System to investigate the impact of extreme cold weather events. *Public Health*, 128, 628-635. 10.1016/j.puhe.2014.05.007
- InVS. (2003). Froid et santé: éléments de synthèse bibliographique et perspectives - Rapport d'investigation (p. 48). Institut national de veille sanitaire.
- Kovats, R. S. et Hajat, S. (2008). Heat stress and public health: a critical review. *Annual Review of Public Health*, 29, 41-55.
- Kunst, A. (2001). Refroidissement éolien et mortalité aux Pays-Bas. *Climat et santé, cahiers de bioclimatologie et de biométéorologie humaine*, 63-76.
- Laaidi, K., Economopoulou, A., Wagner, V., Pascal, M., Empereur-Bissonnet, P., Verrier, A. et Beaudeau, P. (2013). Cold spells and health: prevention and warning. *Public Health*, 127(5), 492-499. 10.1016/j.puhe.2013.02.011
- Laaidi, Karine, Economopoulou, A., Wagner, V., Pascal, M. et Empereur-Bissonnet, P. (2009). Vagues de froid et santé en France métropolitaine. Impact, prévention, opportunité d'un système d'alerte (p. 50). Institut de veille sanitaire.
- Laaidi, Karine, Pascal, M., Ung, A., Verrier, A. et Beaudeau, P. (2015). Évaluation des Indicateurs de morbidité et mortalité (IMM) pour la surveillance de l'impact sanitaire en cas de vague de froid et d'épisodes neige-verglas (p. 8). Institut de veille sanitaire.

- Latimer, E. et Bordeleau, F. (2019). Dénombrement des personnes en situation d'itinérance au Québec le 24 avril 2018 (p. 268). Ministère de la Santé et des Services sociaux. <https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2018/18-846-10W.pdf>
- Lavados Pablo M., Olavarría Verónica V. et Hoffmeister Lorena. (2018). Ambient Temperature and Stroke Risk. *Stroke*, 49(1), 255-261. 10.1161/STROKEAHA.117.017838
- 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. 10.1186/1476-069X-13-5
- Lemyre, L., Beaudry, M. et Yong, A. G. (2017). Les aspects psychosociaux de la perception et de la communication des risques. Dans *Communication des risques météorologiques et climatiques* (p. 26). Presses de l'Université du Québec.
- Lian, H., Ruan, Y., Liang, R., Liu, X. et Fan, Z. (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. 10.3390/ijerph120809068
- Liddell, C. et Morris, C. (2010a). Fuel poverty and human health: A review of recent evidence. *Energy Policy*, 38(6), 2987-2997. 10.1016/j.enpol.2010.01.037
- Liddell, C. et Morris, C. (2010 b). Fuel poverty and human health: A review of recent evidence. *Energy Policy*, 38(6), 2987-2997. 10.1016/j.enpol.2010.01.037
- Liddell, C., Morris, C., Thomson, H. et Guiney, C. (2016). Excess winter deaths in 30 European countries 1980-2013: a critical review of methods. *Journal of Public Health (Oxford, England)*, 38(4), 806-814. 10.1093/pubmed/fdv184
- 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. *The Science of the Total Environment*, 616-617, 1134-1138. 10.1016/j.scitotenv.2017.10.207
- Lin, S., Lawrence, W. R., Lin, Z., DiRienzo, S., Lipton, K., Dong, G.-H., Leung, R., Lauper, U., Nasca, P. et Stuart, N. (2018). Are the current thresholds, indicators, and time window for cold warning effective enough to protect cardiovascular health? *Science of The Total Environment*, 639, 860-867. 10.1016/j.scitotenv.2018.05.140
- Ma, W., Xu, X., Peng, L. et Kan, H. (2011). Impact of extreme temperature on hospital admission in Shanghai, China. *The Science of the Total Environment*, 409(19), 3634-3637. 10.1016/j.scitotenv.2011.06.042
- Ma, W., Yang, C., Chu, C., Li, T., Tan, J. et Kan, H. (2013). The impact of the 2008 cold spell on mortality in Shanghai, China. *International Journal of Biometeorology*, 57(1), 179-184. 10.1007/s00484-012-0545-7
- Mäkinen, T. M., Juvonen, R., Jokelainen, J., Harju, T. H., Peitso, A., Bloigu, A., Silvennoinen-Kassinen, S., Leinonen, M. et Hassi, J. (2009a). Cold temperature and low humidity are associated with increased occurrence of respiratory tract infections. *Respiratory Medicine*, 103(3), 456-462. 10.1016/j.rmed.2008.09.011

- Mäkinen, T. M., Juvonen, R., Jokelainen, J., Harju, T. H., Peitso, A., Bloigu, A., Silvennoinen-Kassinen, S., Leinonen, M. et Hassi, J. (2009 b). Cold temperature and low humidity are associated with increased occurrence of respiratory tract infections. *Respiratory Medicine*, 103(3), 456-462. 10.1016/j.rmed.2008.09.011
- Martin, S. L., Cakmak, S., Hebborn, C. A., Avramescu, M.-L. et Tremblay, N. (2012). Climate change and future temperature-related mortality in 15 Canadian cities. *International Journal of Biometeorology*, 56(4), 605-619. 10.1007/s00484-011-0449-y
- Masselot, P., Chebana, F., Bélanger, D., St-Hilaire, A., Abdous, B., Gosselin, P. et Ouarda, T. B. (2015). Régression EMD avec application à la relation entre les maladies cardiovasculaires et le climat (n° R1594) (p. 181). INRS, Centre Eau Terre Environnement.
- Milner, J. et Wilkinson, P. (2017). Commentary: Effects of Home Energy Efficiency and Heating Interventions on Cold-related Health. *Epidemiology*, 28(1), 86-89. 10.1097/EDE.0000000000000570
- Moghadamia, 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. 10.7717/peerj.3574
- Monteiro, A., Carvalho, V., Góis, J. et Sousa, C. (2013). Use of « Cold Spell » indices to quantify excess chronic obstructive pulmonary disease (COPD) morbidity during winter (November to March 2000-2007): case study in Porto. *International Journal of Biometeorology*, 57(6), 857-870. 10.1007/s00484-012-0613-z
- Morabito, M., Iannuccilli, M., Crisci, A., Capecchi, V., Baldasseroni, A., Orlandini, S. et Gensini, G. F. (2014). Air temperature exposure and outdoor occupational injuries: a significant cold effect in Central Italy. *Occupational and Environmental Medicine*, 71(10), 713-716. 10.1136/oemed-2014-102204
- OMS. (2015). Cadre opérationnel pour renforcer la résilience des systèmes de santé face au changement climatique (p. 51). Organisation mondiale de la santé. <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258818/9789242565072-fre.pdf?sequence=1>
- Onozuka, D. et Hagihara, A. (2017). Spatiotemporal variations of extreme low temperature for emergency transport: a nationwide observational study. *International Journal of Biometeorology*, 61(6), 1081-1094. 10.1007/s00484-016-1288-7
- Pappenberger, F., Jendritzky, G., Staiger, H., Dutra, E., Di Giuseppe, F., Richardson, D. S. et Cloke, H. L. (2015). Global forecasting of thermal health hazards: the skill of probabilistic predictions of the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *International journal of biometeorology*, 59(3), 311-323. 10.1007/s00484-014-0843-3
- Patrick, C. (2014). Aboriginal homelessness in Canada: A literature review. Canadian Homelessness Research Network.
- Pendrey, C. G. A., Carey, M. et Stanley, J. (2014). Impacts of extreme weather on the health and well-being of people who are homeless. *Australian Journal of Primary Health*, 20(1), 2-3. 10.1071/PY13136
- 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. 10.1016/j.scitotenv.2016.01.154

- Polcaro-Pichet, S., Kosatsky, T., Potter, B. J., Bilodeau-Bertrand, M. et Auger, N. (2019). Effects of cold temperature and snowfall on stroke mortality: A case-crossover analysis. *Environment International*, 126, 89-95. 10.1016/j.envint.2019.02.031
- Poursafa, P., Keikha, M. et Kelishadi, R. (2015). Systematic review on adverse birth outcomes of climate change. *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 20(4), 397.
- Preval, N., Keall, M., Telfar-Barnard, L., Grimes, A. et Howden-Chapman, P. (2017). Impact of improved insulation and heating on mortality risk of older cohort members with prior cardiovascular or respiratory hospitalisations. *BMJ Open*, 7(11), e018079. 10.1136/bmjopen-2017-018079
- Public Health England. (2017). Cold Weather Plan for England - Making the Case: Why long-term strategic planning for cold weather is essential to health and wellbeing (p. 56). [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/652568/Cold Weather Plan Making the Case 2017.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/652568/Cold_Weather_Plan_Making_the_Case_2017.pdf)
- Public Health England. (2018). The Cold Weather Plan for England - Protecting health and reducing harm from cold weather (p. 57). https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/748492/the_cold_weather_plan_for_england_2018.pdf
- République française. (2018). Guide national relatif à la prévention et à la gestion des impacts sanitaires et sociaux liés aux vagues de froid - 2018-2019 (p. 47). République française. https://www.bourgogne-franche-comte.ars.sante.fr/system/files/2018-12/PlanGrandFroid2019_Guide.pdf
- Revich, B. et Shaposhnikov, D. (2010). Extreme temperature episodes and mortality in Yakutsk, East Siberia. *Rural and Remote Health*, 10, 1388.
- Rocklöv, J., Forsberg, B., Ebi, K. et Bellander, T. (2014). Susceptibility to mortality related to temperature and heat and cold wave duration in the population of Stockholm County, Sweden. *Global Health Action*, 7(1), 22737. 10.3402/gha.v7.22737
- Rouquette, A., Mandereau-Bruno, L., Baffert, E., Laaidi, K., Jossieran, L. et Isnard, H. (2011). Surveillance hivernale des effets du froid sur la santé des populations sans-domicile en région Île-de-France : utilisation des données du réseau d'Organisation de la surveillance coordonnée des urgences (Oscour®). *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 59(6), 359-368. 10.1016/j.respe.2011.05.006
- Ryti, N. R. I., Guo, Y. et Jaakkola, J. J. K. (2016). Global Association of Cold Spells and Adverse Health Effects: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, 124(1), 12-22. 10.1289/ehp.1408104
- Sampson, N. R., Gronlund, C. J., Buxton, M. A., Catalano, L., White-Newsome, J. L., Conlon, K. C., O'Neill, M. S., McCormick, S. et Parker, E. A. (2013). Staying cool in a changing climate: reaching vulnerable populations during heat events. *Global Environmental Change*, 23(2), 475-484. 10.1016/j.gloenvcha.2012.12.011
- Sartini, C., Barry, S. J. E., Wannamethee, S. G., Whincup, P. H., Lennon, L., Ford, I. et Morris, R. W. (2016). Effect of cold spells and their modifiers on cardiovascular disease events: Evidence from two prospective studies. *International Journal of Cardiology*, 218, 275-283. 10.1016/j.ijcard.2016.05.012

- Saunders, A. et Helferty, M. (2015). Evaluating Surveillance Systems - Let's Get Critical, Critical!
- Shaman, J. et Kohn, M. (2009). Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(9), 3243-3248.
- Shaposhnikov, D., Revich, B., Gurfinkel, Y. et Naumova, E. (2014). The influence of meteorological and geomagnetic factors on acute myocardial infarction and brain stroke in Moscow, Russia. *International Journal of Biometeorology*, 58(5), 799-808. 10.1007/s00484-013-0660-0
- Song, X., Wang, S., Hu, Y., Yue, M., Zhang, T., Liu, Y., Tian, J. et Shang, K. (2017). Impact of ambient temperature on morbidity and mortality: An overview of reviews. *The Science of the Total Environment*, 586, 241-254. 10.1016/j.scitotenv.2017.01.212
- Stewart, S., Keates, A. K., Redfern, A. et McMurray, J. J. V. (2017). Seasonal variations in cardiovascular disease. *Nature Reviews Cardiology*, 14(11), 654-664. 10.1038/nrcardio.2017.76
- 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. 10.1016/j.envres.2011.01.023
- 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. 10.1016/j.envpol.2018.06.045
- 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. *Int J Health Geogr.*, 10, 1-11.
- Urban, A., Davidková, H. et Kyselý, J. (2014). Heat- and cold-stress effects on cardiovascular mortality and morbidity among urban and rural populations in the Czech Republic. *International Journal of Biometeorology*, 58(6), 1057-1068. 10.1007/s00484-013-0693-4
- Vanasse, A., Talbot, D., Chebana, F., Bélanger, D., Blais, C., Gamache, P., Giroux, J.-X., Dault, R. et Gosselin, P. (2017). Effects of climate and fine particulate matter on hospitalizations and deaths for heart failure in elderly: A population-based cohort study. *Environment International*, 106, 257-266. 10.1016/j.envint.2017.06.001
- VanStone, N., van Dijk, A., Chisamore, T., Mosley, B., Hall, G., Belanger, P. et Moore, K. M. (2017). Characterizing the effects of extreme cold using real-time syndromic surveillance, Ontario, Canada, 2010-2016. *Public Health Reports*, 132, 48S-52S. 10.1177/0033354917708354
- Wang, L., Liu, T., Hu, M., Zeng, W., Zhang, Y., Rutherford, S., Lin, H., Xiao, J., Yin, P., Liu, J., Chu, C., Tong, S., Ma, W. et Zhou, M. (2016). The impact of cold spells on mortality and effect modification by cold spell characteristics. *Scientific Reports*, 6, 38 380. 10.1038/srep38380
- 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.-C. et Lin, Y.-K. (2014). Association between temperature and emergency room visits for cardiorespiratory diseases, metabolic syndrome-related diseases, and accidents in metropolitan Taipei. *PloS One*, 9(6), e99599. 10.1371/journal.pone.0099599

- Wang, Y.-C., Lin, Y.-K., Chuang, C.-Y., Li, M.-H., Chou, C.-H., Liao, C.-H. et Sung, F.-C. (2012). Associating emergency room visits with first and prolonged extreme temperature event in Taiwan: A population-based cohort study. *Science of The Total Environment*, 416, 97-104. 10.1016/j.scitotenv.2011.11.073
- Xie, H., Yao, Z., Zhang, Y., Xu, Y., Xu, X., Liu, T., Lin, H., Lao, X., Rutherford, S., Chu, C., Huang, C., Baum, S. et Ma, W. (2013). Short-Term Effects of the 2008 Cold Spell on Mortality in Three Subtropical Cities in Guangdong Province, China. *Environmental Health Perspectives*, 121(2), 210-216. 10.1289/ehp.1104541
- Yan, B., Chebana, F., Masselot, P., Campagna, C., Gosselin, P., Ouarda, T. B. M. J. et Lavigne, É. (2020). A cold-health watch and warning system, applied to the province of Quebec (Canada). *Science of The Total Environment*, 140188. 10.1016/j.scitotenv.2020.140188
- 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. 10.1007/s00484-011-0497-3
- Zeka, A., Browne, S., McAvoy, H. et Goodman, P. (2014). The association of cold weather and all-cause and cause-specific mortality in the island of Ireland between 1984 and 2007. *Environmental Health*, 13(1), 104. 10.1186/1476-069X-13-104
- Zhan, Z.-Y., Yu, Y.-M., Qian, J., Song, Y.-F., Chen, P.-Y. et Ou, C.-Q. (2018). Effects of ambient temperature on ambulance emergency call-outs in the subtropical city of Shenzhen, China. *PloS One*, 13(11), e0207187. 10.1371/journal.pone.0207187
- Zhao, Q., Zhang, Y., Zhang, W., Li, S., Chen, G., Wu, Y., Qiu, C., Ying, K., Tang, H., Huang, J.-A., Williams, G., Huxley, R. et Guo, Y. (2017). Ambient temperature and emergency department visits: Time-series analysis in 12 Chinese cities. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 224, 310-316. 10.1016/j.envpol.2017.02.010
- Zhou, M. G., Wang, L. J., Liu, T., Zhang, Y. H., Lin, H. L., Luo, Y., Xiao, J. P., Zeng, W. L., Zhang, Y. W., Wang, X. F., Gu, X., Rutherford, S., Chu, C. et Ma, W. J. (2014). Health impact of the 2008 cold spell on mortality in subtropical China: the climate and health impact national assessment study (CHINAs). *Environmental Health*, 13(1), 60. 10.1186/1476-069X-13-60

