



Changements climatiques et vulnérabilités à la chaleur des travailleuses et travailleurs canadiens – regard sur les provinces du centre et de l'ouest du Canada

RAPPORT DE RECHERCHE

Changements climatiques et vulnérabilités à la chaleur des travailleuses et travailleurs canadiens – regard sur les provinces du centre et de l'ouest du Canada

RAPPORT DE RECHERCHE

Direction des risques biologiques et de la santé au travail

Juillet 2021

AUTEURS

Ariane Adam-Poupart, Ph. D., conseillère scientifique spécialisée, investigatrice principale

Nektaria Nicolakakis, Ph. D., conseillère scientifique spécialisée
Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

Elhadji Anassour Laouan Sidi, M. Sc., statisticien et conseiller scientifique
Bureau d'information et d'études en santé des populations, Institut national de santé publique du Québec

Peter Berry, Ph. D., analyste principal des politiques et conseiller scientifique
Bureau des changements climatiques et de l'innovation, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada

Céline Campagna, Ph. D., chercheuse d'établissement
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

Diane Chaumont, M. Sc., responsable de groupe
Scénarios et services climatiques, Ouranos

Denis Hamel, M. Sc., statisticien et conseiller scientifique
Bureau d'information et d'études en santé des populations, Institut national de santé publique du Québec

France Labrèche, Ph. D., chercheuse senior
Direction de la recherche, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail

Marie-Pascale Sassine, M. Sc., chef d'unité scientifique
Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

Audrey Smargiassi, Ph. D., professeure titulaire
Joseph Zayed, Ph. D., professeur associé
Département de santé environnementale et santé au travail, École de santé publique, Université de Montréal

SOUS LA COORDINATION DE

Marie-Pascale Sassine, M. Sc., chef d'unité scientifique
Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

AVEC LA COLLABORATION DE

Dominique Caron, M. Sc.
Université McGill, anciennement à Ouranos

Yann Chavaillaz, Ph. D., spécialiste changements climatiques
WSP Canada, anciennement à Ouranos

Monique D'Amour, M. Sc., coordonnatrice principale de projets scientifiques
Bureau des changements climatiques et de l'innovation, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada

Philippe Gamache, B. Sc., conseiller scientifique
Nathalie Gravel, M. Sc., conseillère scientifique
Matthieu Tandonnet, M. Sc., conseiller scientifique
Bureau d'information et d'études en santé des populations, Institut national de santé publique du Québec

Philippe Roy, Ph. D.
Institut de recherche d'Hydro-Québec, anciennement à Ouranos

RÉVISION PAR LES PAIRS

Pierre Masselot, Ph. D., chercheur postdoctoral
London School of Hygiene & Tropical Medicine

Shawn Donaldson, Ph. D, gestionnaire
Bureau des changements climatiques et de l'innovation, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada

Rebecca Stranberg, B. A., M. Sc., analyste principale
Bureau des changements climatiques et de l'innovation
Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada

MISE EN PAGE

Marie-Cécile Gladel, agente administrative
Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

DÉCLARATION CONFLITS D'INTÉRÊTS

Les auteurs n'ont aucun conflit d'intérêts à déclarer

CITATION SUGGÉRÉE

Adam-Poupart A, Nicolakakis N, Anassour Laouan Sidi E, Berry P, Campagna C, Chaumont D, Hamel D, Labrèche F, Sassine M-P, Smargiassi A, Zayed J. *Changements climatiques et vulnérabilités à la chaleur des travailleuses et travailleurs canadiens – regard sur les provinces du centre et de l'ouest du Canada*. Institut national de santé publique du Québec. 2021.

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

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

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

Dépôt légal – 3^e trimestre 2021
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-89712-5 (PDF)
ISBN: 978-2-550-89720-0 (PDF anglais)

© Gouvernement du Québec (2021)

Remerciements

Cette étude a été réalisée grâce au soutien financier du Bureau des changements climatiques et de l'innovation de la Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs de Santé Canada.

Nous remercions les commissions des accidents du travail suivantes pour l'accès à leurs données, notamment la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) du Québec, le « Workplace Safety & Insurance Board » (WSIB) de l'Ontario, le « Workers' Compensation Board of Manitoba », le « Saskatchewan Workers' Compensation Board » et le « Workers' Compensation Board of Alberta ».

Table des matières

Liste des tableaux	V
Liste des sigles et acronymes	VII
Faits saillants	1
Sommaire	3
1 Introduction	7
2 Méthodologie	9
2.1 Données sanitaires	9
2.1.1 Population à l'étude et source des données	9
2.1.2 Définition de cas des problèmes de santé liés à la chaleur	10
2.1.3 Définition de cas des blessures traumatiques liées au travail.....	10
2.1.4 Industries.....	10
2.2 Données météorologiques.....	11
2.2.1 Données Daymet.....	11
2.2.2 Indicateurs de l'exposition thermique	12
2.3 Scénarios climatiques.....	12
2.4 Associations températures estivales-lésions professionnelles, 2001-2016.....	13
2.5 Projections des lésions, horizon 2050.....	15
2.6 Approbation éthique	15
3 Résultats	17
3.1 Associations températures estivales-lésions professionnelles 2001-2016.....	17
3.1.1 Problèmes de santé liés à la chaleur	17
3.1.2 Blessures traumatiques	24
3.2 Problèmes de santé liés à la chaleur, horizon 2050.....	30
4 Discussion	35
4.1 Principaux constats	35
4.2 Comparaisons avec la littérature	35
4.3 Considérations méthodologiques.....	38
5 Conclusion	41
Références	43
Annexe 1 Moyennes et étendues de températures maximales journalières T_{max} et $WBGT_{max}$ par province, 2001-2016	49

Liste des tableaux

Tableau 1	Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par la CNESST du Québec de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d’incidence (RTI) par 1 °C d’augmentation de la température maximale journalière.....	19
Tableau 2	Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par le WSIB de l’Ontario de mai à septembre 2002 à 2017 et ratios de taux d’incidence (RTI) par 1 °C d’augmentation de la température maximale journalière.....	20
Tableau 3	Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par la « Workers’ Compensation Board of Manitoba » de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d’incidence (RTI) par 1 °C d’augmentation de la température maximale journalière.....	21
Tableau 4	Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par la « Saskatchewan Workers’ Compensation Board » de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d’incidence (RTI) par 1 °C d’augmentation de la température maximale journalière	22
Tableau 5	Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par la « Workers’ Compensation Board of Alberta » de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d’incidence (RTI) par 1 °C d’augmentation de la température maximale journalière.....	23
Tableau 6	Nombre de blessures traumatiques liées au travail acceptées par la CNESST du Québec de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d’incidence (RTI) par 1 °C d’augmentation de la température maximale journalière.....	26
Tableau 7	Nombre de blessures traumatiques liées au travail acceptées par le WSIB de l’Ontario de mai à septembre 2002 à 2017 et ratios de taux d’incidence (RTI) par 1 °C d’augmentation de la température maximale journalière.....	27
Tableau 8	Nombre de blessures traumatiques liées au travail acceptées par la « Workers’ Compensation Board of Manitoba » de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d’incidence (RTI) par 1 °C d’augmentation de la température maximale journalière.....	28
Tableau 9	Nombre de blessures traumatiques liées au travail acceptées par la « Saskatchewan Workers’ Compensation Board » de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d’incidence (RTI) par 1 °C d’augmentation de la température maximale journalière	29
Tableau 10	Nombre de blessures traumatiques liées au travail acceptées par la « Workers’ Compensation Board of Alberta » de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d’incidence (RTI) par 1 °C d’augmentation de la température maximale journalière.....	30
Tableau 11	Nombre moyen journalier de problèmes de santé liés à la chaleur estimé à l’horizon 2050 pour cinq provinces canadiennes, en considérant les hausses de température projetées (Delta) sous deux scénarios de forçage.....	32
Tableau 12	Moyennes et étendues de températures maximales journalières T_{max} et $WBGT_{max}$, Québec 2001-2016	51
Tableau 13	Moyennes et étendues de températures maximales journalières T_{max} et $WBGT_{max}$, Ontario 2002-2017	51
Tableau 14	Moyennes et étendues de températures maximales journalières T_{max} et $WBGT_{max}$, Manitoba 2001-2016.....	52

Tableau 15	Moyennes et étendues de températures maximales journalières T_{max} et $WBGT_{max}$, Saskatchewan 2001-2016.....	52
Tableau 16	Moyennes et étendues de températures maximales journalières T_{max} et $WBGT_{max}$, Alberta 2001-2016.....	52

Liste des sigles et acronymes

CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5
CNESST	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail
CORDEX	Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment
CSA	Canadian Standards Association
CSN	Confédération des syndicats nationaux
CSST	Commission de la santé et de la sécurité du travail
Daymet	Daily Surface Weather and Climatological Summaries
EQCOTESST	Enquête québécoise sur des conditions de travail, d'emploi, de santé et de sécurité du travail
EQSP	Enquête québécoise sur la santé de la population
GCM	General Climate Model
ILO	International Labour Organization
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ORNL DAAC	Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
RCM	Regional Climate Model
RCP	Representative Concentration Pathway
SCIAN	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord
WBGT	Wet Bulb Globe Temperature
WSIB	Workplace Safety & Insurance Board

Faits saillants

- Cette étude porte sur la relation entre la température estivale et la santé des travailleurs et travailleuses de cinq provinces canadiennes. Elle a permis de générer des connaissances inédites pouvant orienter les décideurs et les parties prenantes de la prévention. S'appuyant sur les données d'indemnisation des lésions professionnelles du Québec, de l'Ontario, du Manitoba, de la Saskatchewan et de l'Alberta, ainsi que sur des données météorologiques, il a été montré que :
 - Chaque 1 °C d'augmentation de la température maximale quotidienne en été de la période 2001-2016 est accompagné d'une augmentation entre 28 et 51 % du nombre journalier de réclamations pour des problèmes de santé liés à la chaleur (ex. : œdème, syncope, épuisement, insolation/coup de chaleur), selon la province et l'indicateur d'exposition thermique utilisé. Appliquée à la province de Québec, une augmentation de 34 % (modèle utilisant l'indicateur T_{max}) représente sept réclamations additionnelles acceptées par la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail, pour des problèmes de santé liés à la chaleur durant les cinq mois chauds de chaque année de la période 2001-2016;
 - Pour les problèmes de santé liés à la chaleur de cette étude, aucun écart n'est soulevé selon le sexe et l'âge. Pour le Québec et l'Alberta, où l'information sur les industries a pu être analysée, aucun écart n'est soulevé selon le travail dans une industrie dont les activités se déroulent principalement à l'extérieur ou à l'intérieur;
 - Pour les blessures traumatiques (ex. : fracture, coupure, brûlure), chaque 1 °C supplémentaire de la température d'un jour en été s'accompagne d'une augmentation du nombre journalier de réclamations pour des blessures se situant entre 0,2 et 0,6 % sur cette période; quoique cette augmentation puisse paraître faible, elle revêt une importance du fait qu'elle concerne un grand nombre d'individus. Appliquée au Québec, une augmentation de 0,2 % représente environ 64 réclamations additionnelles acceptées pour des blessures durant les cinq mois chauds de chaque année de la période 2001-2016;
 - Le risque de blessure traumatique par 1 °C supplémentaire par jour est plus élevé chez les hommes, la main-d'œuvre plus jeune (15-24 ans) et pour les personnes œuvrant dans les industries dont les activités se déroulent principalement à l'extérieur. Cette dernière donnée concernant le risque par industrie est spécifique au Québec et à l'Alberta, seules provinces où l'information sur l'industrie a été analysée.
- Cette étude présente, pour la première fois, des projections chez les travailleurs et travailleuses, du nombre quotidien de problèmes de santé liés à la chaleur (ex. : œdème, syncope, épuisement, insolation/coup de chaleur) qui pourraient être acceptés à l'horizon 2050, compte tenu du réchauffement climatique projeté :
 - Des hausses préoccupantes du nombre quotidien de ces problèmes de santé sont estimées, se situant entre 73 et 113 % sous un scénario optimiste d'émission de gaz à effet de serre (RCP4.5) et entre 110 et 165 % sous un scénario pessimiste (RCP8.5), selon la province et l'indicateur d'exposition thermique;
 - Appliqué au Québec, le nombre de problèmes de santé liés à la chaleur par année durant la période estivale passerait de 21 au temps de référence à 39 à l'horizon 2050 sous un scénario optimiste et à 47 sous un scénario pessimiste (modèles T_{max}).
- Nos résultats soulignent le besoin de poursuivre et même d'accentuer les efforts de prévention auprès des travailleurs et travailleuses et d'adaptation des milieux de travail.

- Les résultats relatifs aux projections revêtent une grande importance en matière de prévention puisqu’ils permettraient une sensibilisation plus ciblée et la mobilisation des législateurs, de la communauté de chercheurs et des principaux acteurs de la prévention.
- Les projections étant basées sur les programmes et stratégies actuelles de prévention et ces problèmes de santé étant souvent évitables, les gains découlant d’actions concertées seraient sans doute importants.

Sommaire

Contexte et objectifs

Les impacts du réchauffement climatique pourraient s'avérer particulièrement importants pour le Canada. Le taux du réchauffement estimé pour le pays entre 1948 et 2016 se situe à environ deux fois la moyenne mondiale, soit une augmentation de 1,7 °C de la température moyenne annuelle pour l'ensemble du Canada par rapport à une augmentation de 0,8 °C à l'échelle mondiale. Les périodes de chaleur accablante sont devenues de plus en plus intenses et fréquentes dans la plupart des provinces sur cette période. Sans mesures préventives appropriées, ces changements pourraient être associés à une augmentation des taux de mortalité et de morbidité, entre autres chez les populations vivant en zone urbaine et vieillissantes, ainsi que chez les personnes défavorisées et celles souffrant de maladies cardiovasculaires ou respiratoires. La relation entre la mortalité et les vagues de chaleur ou les températures ambiantes élevées a été documentée. Au Québec, des taux plus élevés de transports ambulanciers, d'admissions à l'urgence et de décès ont été rapportés pendant les vagues régionales de chaleur extrême que pendant des périodes de comparaison.

Quoique les effets de la chaleur extrême sur la santé de la population générale aient été documentés, les connaissances en matière de mortalité et de morbidité dues à la chaleur sont limitées pour les travailleurs et travailleuses. Cette étude visait à combler cette lacune. S'appuyant sur les données d'indemnisation des lésions professionnelles de cinq provinces du centre et de l'ouest du Canada, soit le Québec, l'Ontario, le Manitoba, la Saskatchewan et l'Alberta, et des données météorologiques, cette étude avait comme objectifs de :

- 1) quantifier les associations entre la température extérieure estivale et le nombre de personnes indemnisées par jour pour des problèmes de santé liés à la chaleur (ex. : œdème, syncope, épuisement, insolation/coup de chaleur) et pour des blessures traumatiques (ex. : fracture, coupure, brûlure) de 2001 à 2016 pour chacune des cinq provinces;
- 2) vérifier si l'impact de la température sur la morbidité professionnelle était plus important dans certains groupes, selon le sexe, l'âge et le travail dans une industrie dont les activités se déroulent principalement à l'extérieur, permettant d'identifier des groupes à plus haut risque de blessures traumatiques et de problèmes de santé liés à la chaleur;
- 3) estimer le nombre de personnes qui pourraient être indemnisées pour les problèmes de santé liés à la chaleur (ex. : œdème, syncope, épuisement, insolation/coup de chaleur) en 2050 en considérant le réchauffement climatique projeté.

Deux indicateurs de l'exposition thermique ont été utilisés, calculés à l'échelle des régions économiques des provinces et rattachés aux dossiers de réclamation des travailleurs et travailleuses ayant subi une lésion professionnelle à l'aide du code postal de l'établissement de leur employeur. Ces indicateurs sont la température quotidienne maximale (T_{max}) et la température quotidienne maximale du thermomètre globe mouillé « Wet Bulb Globe Temperature » ($WBGT_{max}$), un indicateur du stress thermique fortement utilisé en santé au travail. Une version simplifiée du WBGT a été calculée pour les fins de cette étude. De plus, les hausses projetées de température ont été calculées sous deux scénarios de forçage, appelés « Representative Concentration Pathway » (RCP) : un scénario optimiste (RCP4.5), selon lequel les émissions de gaz à effet de serre atteindraient leur sommet pour ensuite diminuer vers 2040 et un scénario pessimiste (RCP8.5), selon lequel leur augmentation se poursuivrait durant tout le 21^e siècle.

Principaux constats et interprétation

D'une part, pour la période 2001-2016, l'étude a montré que chaque 1 °C d'augmentation de la température maximale quotidienne en été T_{max} était accompagné d'une augmentation de 28 à 41 % (selon la province) du nombre journalier de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par les commissions d'indemnisation. Appliquée à la province de Québec, une augmentation de 34 % (modèle T_{max}) représente sept réclamations additionnelles acceptées par la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail, pour des problèmes de santé liés à la chaleur durant les cinq mois chauds de chaque année de la période 2001-2016. L'ampleur de l'augmentation se situait entre 41 et 51 % d'une province à l'autre avec l'indicateur WBGT_{max}. Les résultats ne permettaient pas de conclure de façon définitive quant aux écarts de risque de problèmes de santé liés à la chaleur selon différents sous-groupes (en fonction du sexe, de l'âge et du travail dans une industrie avec activités principalement à l'extérieur ou à l'intérieur). Pour certaines comparaisons, cela était dû en partie au faible nombre de cas. Au Manitoba, le petit nombre de cas pour les strates sexe et âge n'a pas permis de réaliser des analyses stratifiées selon ces sous-groupes. Des écarts, si présents, pourraient être attribués à la différence entre les expositions des personnes dans ces sous-groupes. Cependant, des études de laboratoire portant sur la réponse physiologique au stress thermique suggèrent que lorsque l'on tient compte de facteurs comme la masse musculaire ou la surface corporelle, la fonction cardiovasculaire ou l'état d'acclimatation, les écarts selon le sexe et l'âge ont tendance à disparaître. Ainsi, le sexe et l'âge pourraient être des variables « proxy » (de substitution) des facteurs qui influencent la réponse physiologique au stress thermique (ou certaines de ses composantes). D'autres études sont nécessaires pour mieux comprendre le risque d'un problème de santé lié à la chaleur selon le sexe, l'âge et d'autres sous-groupes (ex. : industries, professions), avec des analyses plus raffinées de l'exposition à la chaleur selon des conditions de travail et des tâches précises et en tenant compte de caractéristiques personnelles (ex. : maladies chroniques, prise de médicaments, historique d'insolation, indice de masse corporelle, etc.).

D'autre part, cette étude a montré que chaque 1 °C d'augmentation de T_{max} pour la période 2001-2016 était associé à une augmentation de 0,2 à 0,4 % (selon la province) du nombre quotidien de blessures traumatiques attribuées au travail, acceptées par les commissions d'indemnisation. Cette augmentation est de l'ordre de 0,2 à 0,6 % avec l'indicateur WBGT_{max}. Quoique cette augmentation puisse paraître faible, elle revêt une importance du fait qu'elle concerne un grand nombre d'individus. Appliquée à la province de Québec, une augmentation de 0,2 % représente environ 64 blessures additionnelles acceptées durant les cinq mois chauds de chaque année de la période 2001-2016. L'effet de l'augmentation de température sur le risque de blessure traumatique acceptée est plus important chez les travailleurs masculins, chez la main-d'œuvre plus jeune (15-24 ans) et pour les personnes œuvrant dans les industries dont les activités se déroulent principalement à l'extérieur (grand secteur « agriculture, foresterie, chasse et pêche », « construction », « extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole », « transport et entreposage »). Cette dernière donnée concernant le risque par industrie est spécifique au Québec et à l'Alberta, seules provinces où l'information sur l'industrie a été analysée (les autres provinces utilisent leur propre système de classification des industries, pour lequel une correspondance avec le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord n'est pas disponible).

Ces écarts entre industries pourraient être le reflet de différences au niveau de l'exposition (le risque de blessure traumatique étant plus important en agriculture ou en construction qu'en enseignement, par exemple), mais également de divergences sur le plan des mesures de prévention et de la culture d'entreprise face à la santé et la sécurité au travail. Les écarts selon le sexe pourraient s'expliquer par la prédominance masculine dans les industries à risque accru de blessure, par exemple en foresterie, construction et exploitation minière. Les différences selon l'âge pourraient elles aussi refléter une répartition disproportionnée des personnes plus jeunes dans certaines industries

comportant un risque plus important de blessure. Elles pourraient également traduire des lacunes au niveau de la formation en santé et sécurité de ces travailleurs moins expérimentés, ou encore, une perception du risque moindre et une adhésion sous-optimale aux règles de santé et de sécurité chez la main-d'œuvre plus jeune.

Enfin, considérant le réchauffement climatique estimé à l'horizon 2050, cette étude a estimé une hausse future préoccupante du nombre quotidien de problèmes de santé liés à la chaleur qui pourraient être acceptés par les commissions d'indemnisation en lien avec l'exposition à des températures élevées. Sous un scénario optimiste (RCP4.5), les hausses projetées de la température T_{max} d'un jour en été entre les périodes de référence et future seraient accompagnées d'une augmentation de 73 à 95 %, selon la province, du nombre de ces problèmes de santé. Cette augmentation serait de 83 à 113 % avec l'indicateur WBGT_{max}. Sous un scénario pessimiste (RCP8.5), l'augmentation du nombre quotidien de problèmes de santé liés à la chaleur serait entre 110 et 139 % (T_{max}) et entre 121 et 165 % (WBGT_{max}), selon la province. Appliqué à la province de Québec, le nombre de problèmes de santé liés à la chaleur par année durant la période estivale passerait de 21 au temps de référence à 39 au temps futur sous un scénario optimiste et à 47 sous un scénario pessimiste (modèles T_{max}).

Il importe de souligner que les comparaisons interprovinciales n'étaient pas possibles en raison de divergences législatives et administratives entre les régimes de santé et de sécurité des provinces. Néanmoins les grands constats de l'étude sont similaires d'une province à l'autre.

Considérations et perspectives

Les résultats de cette étude devraient être interprétés à la lumière de certaines considérations. Tout d'abord, l'utilisation des données d'indemnisation peut mener à une sous-estimation de l'incidence et de l'ampleur des lésions professionnelles, en raison de la sous-déclaration documentée de ces lésions par les travailleurs et travailleuses aux commissions d'indemnisation. Les problèmes de santé liés à la chaleur en particulier pourraient être mal diagnostiqués ou leur lien avec le travail non perçu par les salariés. Un tel manque de reconnaissance pourrait contribuer à une sous-déclaration et, conséquemment, une sous-estimation.

L'exposition thermique a été estimée à l'échelle régionale et les conditions précises qui prévalaient au moment d'une blessure ou de la survenue d'un problème de santé ne sont pas connues. À titre d'exemple la présence de climatisation dans le milieu de travail, la localisation de l'individu (à l'extérieur ou à l'intérieur de l'établissement), le port d'équipement de protection individuelle et le niveau d'effort déployé lors de l'exécution des tâches ayant entraîné la blessure ou la manifestation d'un problème de santé sont tout simplement inconnus. De plus, l'information sur des caractéristiques personnelles pouvant influencer les problèmes de santé liés à la chaleur mentionnées plus haut n'est pas disponible dans les bases de données administratives et n'a pu être considérée dans les analyses.

Par ailleurs, les projections du nombre de problèmes de santé liés à la chaleur présument que les populations à l'étude n'évolueront pas entre les périodes de référence et future, ce qui représente assurément une simplification de la réalité. De plus, tout comme pour les analyses de la période 2001-2016, plusieurs facteurs conjoncturels, contextuels et personnels pouvant influencer la survenue de ces problèmes de santé à l'horizon 2050 n'ont pas été intégrés dans les projections. Des changements législatifs, comme la modernisation du régime de santé et de sécurité du travail en cours au Québec, l'évolution des pratiques de reconnaissance des lésions professionnelles, ainsi que l'évolution du marché du travail pourraient avoir un impact important sur ces projections.

Néanmoins, l'ensemble des résultats de cette étude soulignent le besoin de poursuivre et même d'accentuer les efforts de prévention et les mesures d'adaptation. Par exemple, il faudra s'assurer d'une formation adéquate de la main-d'œuvre en santé et sécurité au travail, incluant la main-d'œuvre plus jeune. Il faudra également promouvoir et soutenir la mise en œuvre de plans d'action par les milieux de travail pour évaluer et limiter la contrainte thermique de leur personnel lors de journées chaudes (ex. : application appropriée de l'alternance travail-repos et de la consommation d'eau). Des études en contexte de travail réel sont également requises afin d'identifier les interventions démontrées efficaces contre l'astreinte thermique en milieu de travail, les connaissances actuelles provenant surtout d'études de laboratoire de la performance athlétique ou d'études sur seulement quelques professions (ex. : pompiers).

Une surveillance améliorée des lésions professionnelles liées à la chaleur est également essentielle afin d'orienter les besoins, notamment par la documentation de ces problèmes de santé dans les enquêtes de santé populationnelles mandatées par les instances gouvernementales. Cela permettrait d'apprécier de manière plus juste l'ampleur de ces problèmes de santé au sein de la population générale en emploi et de mieux préciser l'étendue des besoins en santé et en sécurité du travail, en complémentarité de l'information qui peut être tirée des fichiers des lésions professionnelles.

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, si le taux du réchauffement de la planète se maintient, une hausse de la température globale de 1,5 °C serait atteinte en 2040 (par rapport à l'ère préindustrielle 1850-1900). Cette hausse aurait des conséquences négatives sur les écosystèmes, les ressources naturelles et la santé humaine. Des répercussions diverses sur la santé et la sécurité des travailleurs et travailleuses seraient à anticiper. Outre les impacts sur la mortalité et la morbidité liées à la chaleur, on peut penser à l'augmentation du risque de certaines zoonoses et maladies dont les vecteurs s'étendraient vers de plus hautes latitudes, aux effets sur la santé mentale des producteurs agricoles ou autres travailleuses et travailleurs confrontés aux conséquences de la chaleur et des sécheresses, ainsi qu'aux impacts psychologiques sur les intervenants et premiers répondants impliqués lors de sinistres de plus en plus fréquents (ex. : feux de forêt, inondations), pour n'en nommer que quelques-uns.

Nos résultats relatifs aux projections revêtent une grande importance en termes de prévention puisqu'ils permettraient une sensibilisation plus ciblée et la mobilisation des législateurs, de la communauté de chercheurs et des principaux acteurs. Manifestement, les changements climatiques sont des enjeux majeurs de santé publique, qui requièrent l'élaboration d'actions concertées visant à réduire, à défaut d'éliminer, de nombreux risques potentiels. Les projections du nombre de problèmes de santé liés à la chaleur étant basé sur les programmes et stratégies actuelles de prévention et ces problèmes de santé étant souvent évitables, il est aisé de penser que les gains découlant de telles actions seraient importants.

1 Introduction

Les impacts du réchauffement climatique pourraient s'avérer particulièrement importants pour le Canada (Martin *et al.*, 2012). Le taux du réchauffement estimé pour le pays entre 1948 et 2016 se situe à environ deux fois la moyenne mondiale, soit une augmentation de 1,7 °C de la température moyenne annuelle pour l'ensemble du Canada par rapport à une augmentation de 0,8 °C à l'échelle mondiale. Les périodes de chaleur accablante sont devenues de plus en plus intenses et fréquentes dans la plupart des provinces sur cette période (Zhang *et al.*, 2019; Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013). Sans mesures préventives appropriées, ces changements pourraient être associés à une augmentation des taux de mortalité (Gasparrini *et al.*, 2015; Martin *et al.*, 2012) et de morbidité, entre autres chez les populations vivant en zone urbaine et vieillissantes, ainsi que chez les personnes défavorisées et celles souffrant de maladies cardiovasculaires ou respiratoires (Hajat *et al.*, 2010; Basu et Samet, 2002). À travers une recension de 49 études publiées depuis 1970, Basu et Samet (2002) soulignent la relation entre la mortalité et les vagues de chaleur ou les températures ambiantes élevées. Au Québec, des taux plus élevés de transports ambulanciers, d'admissions à l'urgence et de décès ont été rapportés pendant les vagues régionales de chaleur extrêmes, notamment celle de juillet 2010, que pendant des périodes de comparaison (Lebel *et al.*, 2017).

Quoique les effets de la chaleur extrême sur la santé de la communauté aient été documentés, les connaissances en matière de mortalité et de morbidité dues à la chaleur sont limitées pour les travailleurs et travailleuses (Adam-Poupart *et al.*, 2013). Aux États-Unis, le nombre de décès liés à la chaleur sur une période de 15 ans s'élevait à 423, soit 0,02 décès pour 100 000 travailleurs en moyenne par année pour la période de 1992 à 2006. Presque le quart de ces décès touchaient les travailleurs en agriculture, foresterie, chasse et pêche (Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2008). Pour la période 2012-2013, 13 décès liés à la chaleur ont fait l'objet de signalement à l'agence fédérale américaine pour la sécurité et la santé au travail (« Occupational Safety and Health Administration », OSHA). Tous sont survenus dans les trois premiers jours de travail (dont quatre décès le premier jour), mettant en lumière le manque de mesures d'acclimatation dans les milieux de travail concernés (CDC, 2014). En Australie, les augmentations de la température extérieure étaient associées à une augmentation des accidents de travail et des maladies professionnelles liées à la chaleur pour la période de 2001 à 2010 (Xiang *et al.*, 2014a; 2015). La morbidité professionnelle attribuée à la chaleur a été très peu étudiée au Canada (Adam-Poupart *et al.*, 2014; 2015a, b; Fortune *et al.*, 2013; 2014). Des études menées au Québec ont estimé une augmentation de 42 % du nombre quotidien de personnes indemnisées par la Commission de la santé et de la sécurité du travail (aujourd'hui la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail, CNESST) pour un problème de santé lié à la chaleur (ex. : insolation/coup de chaleur) par 1 °C d'augmentation de la température estivale maximale au cours de la période 1998 à 2010. Des augmentations de 0,2 % ont été rapportées pour les blessures traumatiques liées au travail (ex. : chutes) pour la période 2003 à 2010 (Adam-Poupart *et al.*, 2014; 2015a, b).

Ces mêmes auteurs ont également identifié des groupes de travailleurs et travailleuses à risque accru de blessures traumatiques, soit les travailleurs de 15 à 24 ans en comparaison avec des travailleurs plus âgés, ainsi que les individus œuvrant dans des industries dont la majorité des activités se déroulent à l'extérieur, mais aussi les personnes dans les usines de produits textiles, les fonderies et les cuisines, dont les activités se déroulent à l'intérieur. Ces résultats trouvent écho dans deux revues de la littérature scientifique (International Labour Organization (ILO), 2016; Xiang *et al.*, 2014b). Ces revues rapportent que les travailleurs et travailleuses les plus susceptibles d'être exposés à une chaleur excessive en milieu de travail sont ceux et celles dont les tâches sont effectuées à l'extérieur et qui requièrent des efforts physiques importants, par exemple les personnes œuvrant dans les exploitations agricoles, en construction, dans les mines, le transport, les services incendie et les

forces armées. Les personnes œuvrant à l'intérieur pouvaient être exposées à de la chaleur et de l'humidité générées par les processus et les équipements de travail.

À notre connaissance, outre les quelques études canadiennes citées plus haut, la morbidité professionnelle liée à la chaleur n'a pas été étudiée ailleurs au Canada. Cette étude visait à combler cette lacune. S'appuyant sur les données d'indemnisation des lésions professionnelles de cinq provinces du centre et de l'ouest du Canada, soit le Québec, l'Ontario, le Manitoba, la Saskatchewan et l'Alberta, et des données météorologiques, cette étude avait comme objectifs de : 1) quantifier les associations entre la température extérieure estivale et le nombre de personnes indemnisées par jour pour des problèmes de santé liés à la chaleur et pour des blessures traumatiques liées au travail de 2001 à 2016 pour chacune des cinq provinces, 2) vérifier si l'impact de la température sur la morbidité professionnelle était plus important dans certains groupes, selon le sexe, l'âge et le travail dans une industrie dont les activités se déroulent principalement à l'extérieur ou à l'intérieur, permettant d'identifier des groupes à plus haut risque de problèmes de santé liés à la chaleur et de blessures traumatiques et 3) estimer le nombre de personnes qui pourraient être indemnisées pour les problèmes de santé liés à la chaleur et les blessures traumatiques en 2050 en considérant le réchauffement climatique projeté. Le but ultime de cette recherche est de produire des connaissances qui permettront de soutenir les décideurs et d'orienter les efforts de prévention.

2 Méthodologie

2.1 Données sanitaires

2.1.1 POPULATION À L'ÉTUDE ET SOURCE DES DONNÉES

L'étude porte sur les travailleuses et travailleurs¹ ayant soumis une demande d'indemnisation qui a été acceptée par la commission d'indemnisation de leur province respective en lien avec une lésion professionnelle survenue entre le 1er mai et le 30 septembre de chaque année de 2001 à 2016². Ces mois ont été choisis, car ils couvrent la période où les journées chaudes peuvent se produire au Canada, alors que les années d'étude ont été choisies en fonction de la disponibilité des données.

Les données proviennent des fichiers annuels des lésions professionnelles du « Workers' Compensation Board of Alberta », du « Workers' Compensation Board of Manitoba », du « Saskatchewan Workers' Compensation Board », du « Workplace Safety & Insurance Board » (WSIB) de l'Ontario et de la CNESST au Québec. Ces fichiers contiennent des informations relatives au demandeur (sexe, âge), à sa lésion (date de survenue, diagnostic, région corporelle atteinte, etc.) et à l'établissement de l'employeur (code postal à trois ou six chiffres selon la province, industrie correspondant à l'activité économique associée au dossier de tarification de l'employeur, etc.).

Seules les lésions professionnelles³ reconnues à titre d'accident de travail ont été retenues (pour le Québec, l'Alberta et le Manitoba). En effet, pour les lésions indemnisées à titre de maladie professionnelle, la date de survenue inscrite au dossier est celle du diagnostic, et non pas celle de la journée où la lésion s'est produite. Ceci pourrait entraîner des erreurs de classification de l'exposition des individus si ces lésions étaient utilisées. Cependant, pour la Saskatchewan et l'Ontario, les deux types de lésions ont dû être utilisés (c.-à-d. celles reconnues à titre d'accident de travail et celles reconnues à titre de maladie professionnelle). D'une part, la commission d'indemnisation de la Saskatchewan ne fait pas la distinction susmentionnée dans ses pratiques de reconnaissance des lésions. D'autre part, le WSIB de l'Ontario reconnaît la grande majorité des lésions à titre de maladie professionnelle. De plus, les données du WSIB concernent uniquement des lésions avec perte de temps, celles qui n'ont pas occasionné une absence n'ayant pas été codées au niveau de la nature (diagnostic) de la lésion et la région corporelle atteinte. Pour d'autres provinces, comme le Québec, l'Alberta et le Manitoba, les données portent sur les lésions avec ou sans perte de temps (ex. : ayant engendré des frais médicaux seulement). En raison des divergences dans les pratiques des commissions et de différences au niveau de l'étendue de la couverture de la main-d'œuvre, des industries et des emplois par les régimes de santé et de sécurité (Association des commissions des accidents du travail du Canada, 2016), les données ont été analysées pour chaque province distinctement, sans comparaison interprovinciale. Enfin, malgré que les commissions emploient le libellé « accident de travail », il faut savoir que celui-ci peut référer à des blessures d'origine traumatique, ainsi qu'à des maladies et des problèmes de santé d'origine non traumatique.

¹ Les demandes récurrentes pour la même lésion avaient été éliminées par les commissions d'indemnisation avant le transfert des données.

² La période 2002-2017 a été utilisée pour l'Ontario, car les données de l'année 2001 n'étaient pas disponibles.

³ Une lésion professionnelle réfère à « une blessure ou une maladie qui survient par le fait ou à l'occasion d'un accident du travail, ou une maladie professionnelle, y compris la récurrence, la rechute ou l'aggravation » (LégisQuébec, Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles, chapitre A-3.001). Le terme correspondant en Alberta et au Manitoba serait « work injury », soit une lésion chez le travailleur victime d'un « accident », l'accident référant à tout événement survenant du fait et au cours d'un emploi et qui s'entend aussi des maladies professionnelles (Législation manitobaine, Loi sur les accidents du travail, c. W200 de la C.P.L.M., article 1; Alberta Queen's Printer, Workers' Compensation Act, Chapter W-15, articles 1, 24.1, 24.2).

2.1.2 DÉFINITION DE CAS DES PROBLÈMES DE SANTÉ LIÉS À LA CHALEUR

Un problème de santé lié à la chaleur se définit comme un état pathologique résultant d'une perturbation de la thermorégulation chez l'individu exposé à une chaleur excessive et qui se manifeste par des symptômes pouvant être relativement légers (ex. : crampes, œdème, épuisement) jusqu'à des problèmes très graves (ex. : coup de chaleur pouvant provoquer la mort) (Gauer et Meyers, 2019). Ces problèmes de santé ont été identifiés dans les fichiers des lésions professionnelles à l'aide des codes de nature suivants (classification de la norme CSA Z795-03 (R2013) de l'Association canadienne de normalisation) :

- 07200 - Effets de la chaleur ou de la lumière
- 07210 - Insolation
- 07220 - Syncope à la chaleur
- 07280 - Effets multiples de la chaleur et de la lumière
- 07290 - Effets de la chaleur ou de la lumière, non classés ailleurs (comprend la fatigue et l'œdème dus à la chaleur)

2.1.3 DÉFINITION DE CAS DES BLESSURES TRAUMATIQUES LIÉES AU TRAVAIL

L'exposition excessive à la chaleur pourrait augmenter l'inconfort et la fatigue, diminuer la vigilance et la dextérité manuelle; les surfaces rendues glissantes par la transpiration des mains et la visibilité réduite causée par la buée sur les équipements de protection (ex. : visière) pourraient augmenter la probabilité de se blesser au travail (revu dans Spector *et al.*, 2019). Ainsi, toutes les blessures d'origine traumatique attribuées au travail ont été retenues sur la base des codes de nature suivants (classification de la norme CSA Z795-03 (R2013)) :

- 00 - Blessures et troubles traumatiques, n.p.
- 01 - Blessures traumatiques aux os, aux nerfs ou à la moelle
- 02 - Blessures traumatiques aux muscles, aux tendons, aux ligaments et aux articulations, etc.
- 03 - Plaies ouvertes
- 04 - Plaies et contusions superficielles
- 05 - Brûlures
- 06 - Blessures intracrâniennes
- 07 - Effets des conditions ambiantes
- 08 - Blessures et troubles traumatiques multiples
- 09 - Autres blessures et troubles traumatiques

2.1.4 INDUSTRIES

Dans les fichiers des lésions professionnelles du Québec et de l'Alberta, les industries sont classées selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN). En ce qui concerne la Saskatchewan, le Manitoba et l'Ontario, ces provinces utilisent leur propre système et une correspondance avec le SCIAN n'est pas disponible. Pour l'Alberta et le Québec, les industries ont été regroupées selon que leurs activités principales se déroulent à l'extérieur ou à l'intérieur (comme dans Adam-Poupart *et al.*, 2015a). Le regroupement repose sur les codes SCIAN à deux positions qui renvoient à de grands secteurs d'activité économique (Statistique Canada, 2018a). Les industries « extérieures » incluent :

- 11 - Agriculture, foresterie, pêche et chasse
- 21 - Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole
- 23 – Construction
- 48-49 – Transport et entreposage

Les industries « intérieures » incluent :

- 22 – Services publics
- 31-33 – Fabrication
- 41 – Commerce de gros
- 44-45 – Commerce de détail
- 51 – Industrie de l’information et industrie culturelle
- 52 – Finance et assurances
- 53 – Services immobiliers et services de location et de location à bail
- 54 – Services professionnels, scientifiques et techniques
- 55 – Gestion de sociétés et d’entreprises
- 56 – Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d’assainissement
- 61 – Services d’enseignement
- 62 – Soins de santé et assistance sociale
- 71 – Arts, spectacles et loisirs
- 72 – Services d’hébergement et de restauration
- 81 – Autres services (sauf les administrations publiques)
- 91 – Administrations publiques

2.2 Données météorologiques

2.2.1 DONNÉES DAYMET

Les données météorologiques journalières proviennent du fichier Daymet (« Daily Surface Weather and Climatological Summaries »)⁴. Ce fichier fournit des estimations de diverses variables météorologiques quotidiennes en Amérique du Nord à une résolution de 1 km² pour la période de 1980 à 2017 (Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, (ORNL DAAC), 2019). Les données sont hébergées par un des centres de données de la NASA et sont accessibles gratuitement en ligne (<https://daymet.ornl.gov/>). Nous avons téléchargé les valeurs quotidiennes des températures maximales et minimales de l’air à deux mètres du sol (°C), de la pression partielle moyenne de la vapeur d’eau (Pa) et des précipitations totales (mm/jour).

⁴ Le fichier Daymet est dérivé de différentes observations au sol et qui sont traitées par le modèle Daymet développé par Thornton en 1997 et mis à jour en 2016 (Thornton, 2016).

Les valeurs météorologiques de la cellule de Daymet (centroïde de chaque cellule de 1 km²) la plus près d'un code postal (à six chiffres) ont été attribuées à la surface de ce code postal⁵. Les données par code postal ont ensuite été agrégées par région économique, telle que définie par Statistique Canada (Statistique Canada, 2018b), en calculant une moyenne pondérée selon les tailles des populations de chaque code postal (à trois chiffres). Ceci permettait de donner un plus grand poids aux températures issues des codes postaux qui regroupent les plus grandes populations, représentant ainsi plus adéquatement l'exposition à la chaleur. L'exposition quotidienne a été considérée constante pour l'ensemble des personnes au sein d'une même région économique. La même pondération a été appliquée pour les données de vapeur d'eau et de précipitation (prenant les valeurs moyennes de ces variables).

2.2.2 INDICATEURS DE L'EXPOSITION THERMIQUE

Deux indicateurs de l'exposition thermique ont été calculés par région économique : la température quotidienne maximale (T_{\max}) et la température quotidienne maximale du thermomètre globe mouillé « Wet Bulb Globe Temperature » ($WBGT_{\max}$), un indicateur du stress thermique fortement utilisé en santé au travail (Parsons, 2003). Une version simplifiée du WBGT a été calculée pour les fins de cette étude (American College of Sports Medicine, 1984; Australian Government Bureau of Meteorology, 2010), prenant T_{\max} comme température ambiante (T) :

$$WBGT = 0,567 \times T + 0,393 \times VP + 3,94$$

où VP est la pression partielle de vapeur d'eau (Pa). Cette formule assume des vents légers et une radiation solaire modérément élevée constante dans le temps, conditions représentatives d'une journée de travail en été (Australian Government Bureau of Meteorology, 2010).

2.3 Scénarios climatiques

Deux périodes de 20 ans ont été choisies pour les scénarios de température (durée minimale utilisée par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Collins *et al.*, 2013) : la période de référence 1997-2016, une période proche de celle pour laquelle les données sanitaires sont disponibles, et la période future 2041-2060, qui est centrée sur la décennie 2050. L'échelle de temps qui sépare les deux périodes (ici, 44 ans) est suffisamment grande pour permettre de détecter correctement la tendance générale des données de température (Liebmann *et al.*, 2010).

Les températures T_{\max} et $WBGT_{\max}$ ont été calculées pour tous les jours de la période estivale⁶ de ces deux périodes (de référence et future). Cinq modèles globaux⁷ (Taylor *et al.*, 2012; Knutti *et al.*, 2013) et trois modèles régionaux⁸ (Giorgi *et al.*, 2009) ont été utilisés pour les calculs sous deux scénarios de forçage « Representative Concentration Pathway » (RCP) : un scénario optimiste (RCP4.5), selon lequel les émissions de gaz à effet de serre atteindraient leur sommet pour ensuite diminuer vers 2040 et un scénario pessimiste (RCP8.5), selon lequel leur augmentation se poursuivrait durant tout le 21^e siècle (Van Vuuren *et al.*, 2011). Afin d'ajuster pour les biais inhérents aux modèles climatiques (c.-à-d. les différences systématiques entre les données simulées et réelles), et pour ajuster les

⁵ Pour les codes postaux ayant des surfaces disjointes, les valeurs Daymet les plus proches de chaque centroïde des surfaces de codes postaux ont été attribuées à chacune des surfaces et une moyenne a été calculée.

⁶ En raison d'une erreur, la période couverte est le 1er avril au 31 octobre au lieu du 1er mai au 30 septembre. Cependant, des vérifications ont démontré que ceci n'a pas eu d'impact sur les hausses de températures projetées entre les périodes de référence et future ni, par conséquent, sur les projections du nombre de lésions.

⁷ Modèles globaux (« General Climate Models », GCM) appartenant à l'ensemble de modèles du « Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 » (CMIP5) : CanESM2, GFDL-ESM2M, IPSL-CM5A-MR, MIROC-ESM, NorESM1-M.

⁸ Modèles régionaux (« Regional Climate Models », RCM) appartenant à l'ensemble de modèles du « Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment – North America » (CORDEX-NA) : CCCma-CanRCM4; DMI-HIRHAM5; UQAM-CRCM5.

sorties des modèles climatiques à l'échelle des observations, les simulations climatiques ont été corrigées à l'aide d'une méthode par quantile (« quantile mapping bias correction method »).

Les températures ont été calculées pour toutes les cellules de 1 km² de l'aire d'étude, pour la période future et la période de référence, et agrégées par code postal et ensuite par région économique, tel que décrit dans la section 2.2.1. La différence entre les moyennes multi-modèles de température au temps présent et futur représente la hausse projetée de température à l'horizon 2050. Cette différence a été divisée par la dispersion inter-modèle quant à la période de référence, ce qui permet d'obtenir un rapport signal sur bruit, soit l'amplitude du changement climatique (signal) par rapport à la variabilité naturelle du climat (bruit de fond) (Sansom *et al.*, 2013). Tous les calculs ont été effectués avec Julia 0.6.3. La plupart des algorithmes y compris ceux conçus pour la manipulation et la correction des biais ont été pris ou étaient inclus dans l'ensemble ClimateTools.

2.4 Associations températures estivales-lésions professionnelles, 2001-2016

Une approche écologique basée sur des séries temporelles a été utilisée pour analyser les associations entre la température extérieure estivale et le nombre journalier de lésions professionnelles acceptées de 2001 à 2016 (ou 2002 à 2017 pour l'Ontario). Ces associations ont été estimées à l'aide de modèles linéaires généralisés, avec la régression binomiale négative pour tenir compte de la surdispersion. Autrement, la régression de Poisson a été privilégiée (variance ajustée par un facteur Pearson, PSCALE). Nous avons vérifié la non-linéarité des modèles par des splines et des transformations quadratiques, mais ces modèles n'apportaient pas un meilleur ajustement aux données. Les relations ont été estimées à l'échelle régionale, grâce au code postal de l'établissement de l'employeur permettant d'associer les dossiers de réclamation à une région économique⁹. Les relations ont aussi été estimées à l'échelle provinciale, à l'aide de modèles d'équations d'estimations généralisées, les régions économiques étant les grappes.

Les modèles ont été ajustés pour le jour de la semaine, le mois, l'année, les jours fériés (pour le Québec, les deux semaines de vacances de la construction ont été incluses), pour tenir compte des effets des tendances temporelles. Ont été également incluses dans les modèles T_{\max} les précipitations moyennes quotidiennes et la pression partielle moyenne quotidienne de la vapeur d'eau (ces variables n'ont pas été incluses dans les modèles basés sur l'indicateur WBGT_{max}, qui tient déjà compte de l'humidité). Finalement, la pression partielle de la vapeur d'eau n'a pas été incluse dans les modèles T_{\max} des blessures traumatiques, car elle n'améliorait pas l'ajustement de ces modèles. Les variables température, précipitations, pression partielle de la vapeur d'eau et année ont été incluses suivant la forme linéaire simple¹⁰. Les variables mois, jours fériés et région économique ont été incluses en catégories. Les modèles provinciaux ont aussi incorporé un terme d'interaction entre la région et la température. Enfin, tous les modèles ont été ajustés pour les effectifs mensuels régionaux (terme « offset ») tirés de l'Enquête sur la population active (Statistique Canada, 2019).

⁹ Dans les situations où le code postal était manquant ou était situé à l'extérieur d'une des provinces à l'étude, les lésions étaient exclues des analyses subséquentes. Lorsque le code postal était situé dans plus d'une région économique, l'attribution de la région pour ces cas a été effectuée aléatoirement. L'attribution aléatoire se fait proportionnellement à la population du code postal couverte dans la région économique. Cette méthode est utilisée dans plusieurs études de l'INSPQ portant sur l'indice de défavorisation matérielle et sociale.

¹⁰ Les variables température et année ont été testées en catégories lors du développement de la méthode sur les données de la province de l'Ontario.

Les modèles régionaux sont exprimés comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Ln [E(Yt)]} = & \text{Ln (Estimation mensuelle des effectifs à risque)} \\ & + \beta_0 + \beta_{1-6} \text{ Jour de la semaine} + \beta_{7-10} \text{ Mois} \\ & + \beta_{11} \text{ Année} + \beta_{12} \text{ Jours fériés} \\ & + \beta_{13} \text{ Précipitation pendant 24 h} \\ & + \beta_{14} \text{ Pression de vapeur partielle sur 24 h} \\ & + \beta_{15} T_{\max} \text{ ou WBGT}_{\max} \text{ sur 24 h} \\ & + \beta_{16,i} \text{ Région économique } i \\ & + \dots + \beta_{16,j} \text{ Région économique } j \\ & + \beta_{17,i} T_{\max} \text{ (ou WBGT}_{\max}\text{).région économique } i \\ & + \dots + \beta_{17,j} T_{\max} \text{ (ou WBGT}_{\max}\text{).région économique } j + \varepsilon \end{aligned}$$

où E(Yt) est l'espérance mathématique, soit l'estimation du compte journalier de lésions. Le nombre de coefficients β_{16} et β_{17} varie selon la province (il y a autant de coefficients β_{16} et β_{17} que de régions économiques).

Les modèles provinciaux sont exprimés comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Ln [E(Yt)]} = & \text{Ln (Estimation mensuelle des effectifs à risque)} \\ & + \beta_0 + \beta_{1-6} \text{ Jour de la semaine} + \beta_{7-10} \text{ Mois} \\ & + \beta_{11} \text{ Année} + \beta_{12} \text{ Jours fériés} \\ & + \beta_{13} \text{ Précipitation sur 24 h} \\ & + \beta_{14} \text{ Pression de vapeur partielle sur 24 h} \\ & + \beta_{15} T_{\max} \text{ ou WBGT}_{\max} \text{ sur 24 h} + \varepsilon \end{aligned}$$

Rappelons que dans les deux modèles, lorsque l'indicateur WBGT_{\max} est utilisé, les modèles excluent les coefficients β_{13} et β_{14} .

Les associations ont été exprimées avec des ratios de taux d'incidence (RTI) et leur intervalle de confiance (IC) à 95 % pour chaque augmentation de 1 °C de la température journalière maximale (effet linéaire). Les résultats sont rapportés dans le texte en termes de pourcentage d'augmentation pour faciliter la compréhension.

Lorsque le nombre de lésions était suffisant (au moins deux cas par région économique et le facteur de stratification), des analyses stratifiées ont été effectuées selon le sexe, l'âge (15-24 ans, 25-44 ans et 45 ans ou plus) et, pour l'Alberta et le Québec, l'industrie avec activités principalement à l'extérieur ou à l'intérieur. Le test Q de Cochran (Kaufman et MacLehose, 2013) a permis de vérifier l'hétérogénéité statistique au sein de ces strates, ou en d'autres termes, d'évaluer si l'impact de la température sur le compte journalier de lésions variait au-delà de ce qui serait attendu par hasard au sein des strates (le seuil de signification statistique a été fixé à $p < 0,05$). Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS version 9.4.

2.5 Projections des lésions, horizon 2050

Les projections ont été uniquement réalisées pour les problèmes de santé reliés à la chaleur. Les RTI estimés pour les blessures traumatiques se situaient autour de « un ». Ainsi, toute augmentation relative du nombre de blessures traumatiques à l'horizon 2050 serait difficilement interprétable comme étant associée au réchauffement climatique.

Pour les problèmes de santé liés à la chaleur, le nombre de lésions a été projeté sur les différences de température estimées entre les périodes de référence et future tout en gardant l'influence des autres variables égale par ailleurs (Erdman *et al.*, 2008). Ceci a été fait pour chaque région économique et les deux scénarios de forçage. L'augmentation du nombre journalier de lésions pour l'ensemble de la province a été obtenue en prenant la somme des augmentations de ses régions économiques. Nous présumons que la population en emploi ne changera pas entre les deux périodes de vingt ans, du point de vue de sa taille, sa structure d'âge et la nature des emplois. Ainsi, à partir du premier modèle de la section 2.4, le nombre moyen journalier de lésions acceptées pour la période 2001-2016, pour la région économique i (RE_i), est estimé comme suit :

$$\begin{aligned}\mu_{2001-2016} &= \exp(\beta_0 + \beta_{15} T_{\text{courante}} + \beta_{17,i} T_{\text{courante}} \cdot RE_i) \\ &= \exp(\beta_0) \cdot \exp(\beta_{15} + \beta_{17,i} RE_i)(T_{\text{courante}})\end{aligned}$$

où T_{courante} est la température maximale calculée pour 2001-2016.

Le nombre moyen journalier de lésions acceptées pour la période future 2041-2060 pour RE_i est estimé comme suit :

$$\begin{aligned}\mu_{2041-2060} &= \exp(\beta_0 + (\beta_{15} + \beta_{17,i} RE_i)(T_{\text{courante}} + \delta_{\text{proj}})) \\ &= \exp(\beta_0) \cdot \exp((\beta_{15} + \beta_{17,i} RE_i)(T_{\text{courante}})) \cdot \exp((\beta_{15} + \beta_{17,i} RE_i)(\delta_{\text{proj}})) \\ &= \mu_{2001-2016} \cdot \exp((\beta_{15} + \beta_{17,i} RE_i)(\delta_{\text{proj}}))\end{aligned}$$

où δ_{proj} est la différence des moyennes de température estimée entre 1997-2016 et 2041-2060.

2.6 Approbation éthique

Ce projet a reçu l'approbation du Comité d'éthique de la recherche de Santé Canada et de l'Agence de la santé publique du Canada (CER 2018-004H). Il a également reçu l'approbation du Comité d'éthique de la recherche en Dépendances, inégalités sociales et santé publique (CÉR-DIS) du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal (DIS-1718-46).

3 Résultats

3.1 Associations températures estivales-lésions professionnelles 2001-2016

3.1.1 PROBLÈMES DE SANTÉ LIÉS À LA CHALEUR

Les tableaux 1 à 5 présentent le nombre de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par les commissions d'indemnisation du Québec, de l'Ontario, du Manitoba, de la Saskatchewan et de l'Alberta, respectivement, de 2001 à 2016¹¹. Ils présentent aussi l'estimation de ce nombre journalier par 1 °C d'augmentation de la température extérieure estivale (RTI et IC à 95 %) pour l'ensemble de la province et selon ses régions économiques, le sexe et l'âge. Pour l'Alberta et le Québec, les RTI selon le travail dans une industrie extérieure ou intérieure sont également présentés. Les moyennes de température quotidienne T_{\max} et $WBGT_{\max}$ par région économique sont présentées aux tableaux 12 à 16 en annexe.

Au Québec, un total de 343 demandes d'indemnisation pour un problème de santé lié à la chaleur a été accepté par la CNESST de 2001 à 2016 (tableau 1), dont la majorité chez des hommes (80 %), les personnes de 25 à 44 ans (57 %), à Montréal (23 %) et en Montérégie (17 %), dans les industries dont les activités se déroulent principalement à l'intérieur (fréquences brutes qui reflètent, en partie, la taille de ces sous-groupes). Pour l'ensemble de la province, une augmentation d'environ 34 % (IC à 95 % : 24-45 %) du nombre journalier de lésions acceptées a été estimée pour chaque 1 °C d'augmentation de la température T_{\max} quotidienne. Cette augmentation représente sept lésions additionnelles acceptées durant les cinq mois chauds de chaque année de la période 2001-2016 (343 lésions entre mai et septembre de 2001 à 2016 équivalent à 0,143 lésion par jour. En y appliquant une augmentation de 34 %, on obtient 0,049 lésion additionnelle par jour, soit sept lésions additionnelles sur les cinq mois chauds d'une année). Avec l'indicateur $WBGT_{\max}$, l'augmentation est d'environ 41 % (IC à 95 % : 35-48 %). Les augmentations à l'échelle régionale se comparent largement à celles observées à l'échelle provinciale. Le RTI des femmes tend à être plus élevé que celui des hommes avec T_{\max} ($p = 0,076$), mais l'hétérogénéité associée à la strate sexe est moindre avec $WBGT_{\max}$ et n'est pas statistiquement significative (test Q de Cochran $p = 0,136$). L'effet de la température sur les RTI est comparable pour les strates âge et industrie.

En Ontario, 1 014 lésions ont été acceptées par le WSIB entre 2002 et 2017 concernant des problèmes de santé reliés à la chaleur (tableau 2). La fréquence de ces lésions est plus importante à Toronto (40 %), chez les hommes (68 %) et les personnes âgées entre 25 et 44 ans (46 %). Pour chaque 1 °C d'augmentation de la température maximale quotidienne, des augmentations du nombre de lésions d'environ 41 % (IC à 95 % : 39-44 %) avec T_{\max} et d'environ 48 % (IC à 95 % : 45-51 %) avec $WBGT_{\max}$ ont été estimées à l'échelle provinciale (augmentations comparables à l'échelle régionale), sans écart selon le sexe. Le groupe d'âge 25-44 ans présente un RTI plus élevé que celui des 15-24 ans, une différence statistiquement significative dans le modèle $WBGT_{\max}$ uniquement.

Au Manitoba, 130 demandes d'indemnisation ont été acceptées par la commission de cette province pour des problèmes de santé liés à la chaleur de 2001 à 2016 (tableau 3). La région avec la fréquence de lésions la plus élevée est Winnipeg (67 %). Les fréquences de lésions les plus élevées sont notées chez les hommes (82 %) et les personnes âgées entre 25 et 44 ans (45 %). Des augmentations d'environ 36 % (IC à 95 % : 32-41 %) du nombre de lésions journalières ont été estimées pour chaque 1 °C d'augmentation de T_{\max} et d'environ 41 % (IC à 95 % : 38-44 %) pour $WBGT_{\max}$.

¹¹ Pour l'Ontario, les résultats couvrent la période de 2002 à 2017.

(augmentations similaires dans les régions économiques). Les associations n'ont pas pu être estimées selon l'âge et le sexe, en raison du faible nombre de lésions dans ces sous-groupes.

La « Saskatchewan Workers' Compensation Board » a accepté un total de 248 problèmes de santé liés à la chaleur de 2001 à 2016 (tableau 4). La répartition de ces lésions selon l'âge et le sexe est similaire à celle des autres provinces à l'étude. Les régions de Regina-Moose Mountain (48 %) et de Saskatoon-Biggar (32 %) ont les fréquences de lésions les plus élevées. Des augmentations d'environ 28 % (IC à 95 % : 25-32 %) du nombre journalier de lésions ont été estimées pour chaque 1 °C d'augmentation de T_{max} et d'environ 42 % (IC à 95 % : 38-47 %) pour $WBGT_{max}$ à l'échelle provinciale (augmentations comparables à l'échelle régionale), sans écarts selon le sexe et l'âge.

Le tableau 5 présente les résultats pour l'Alberta. De 2001 à 2016, 370 demandes en lien avec des problèmes de santé liés à la chaleur ont été acceptées par la commission d'indemnisation de cette province. Les fréquences de lésions les plus élevées sont notées pour les régions d'Edmonton (44 %) et de Calgary (32 %), chez les hommes (76 %) et les personnes âgées entre 25 et 44 ans (48 %), avec une répartition similaire des lésions dans les groupes d'industries extérieures et intérieures (ces fréquences brutes ne tiennent pas compte des effectifs dans les sous-groupes). Pour l'ensemble de la province, une augmentation d'environ 32 % (IC à 95 % : 29-36 %) du nombre de lésions a été estimée pour chaque 1 °C d'augmentation de T_{max} et d'environ 51 % (IC à 95 % : 46-57 %) pour $WBGT_{max}$. Les augmentations dans les régions économiques se comparent à celles pour la province. Aucun écart n'a été noté selon le sexe, l'âge et les industries extérieures et intérieures quant à l'effet de la température sur le risque de problème de santé lié à la chaleur.

Tableau 1 Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par la CNESST du Québec de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d'incidence (RTI) par 1 °C d'augmentation de la température maximale journalière

Groupe	Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur, 2001-2016 (%)		RTI (IC 95 %) ^a modèle T _{max}		RTI (IC 95 %) ^b modèle WBGT _{max}	
Total Québec	343	(100)	1,340	(1,240 – 1,449)	1,411	(1,346 – 1,478)
Région économique (correspond à la région administrative)						
Gaspésie	5	(1)	1,430	(1,069 – 1,911)	1,508	(1,100 – 2,069)
Bas-Saint-Laurent	11	(3)	1,299	(1,091 – 1,546)	1,494	(1,209 – 1,845)
Capitale-Nationale	19	(6)	1,335	(1,171 – 1,521)	1,421	(1,243 – 1,625)
Chaudière-Appalaches	17	(5)	1,441	(1,232 – 1,686)	1,540	(1,323 – 1,791)
Estrie	12	(3)	1,482	(1,204 – 1,824)	1,535	(1,279 – 1,842)
Centre-du-Québec	18	(5)	1,308	(1,134 – 1,509)	1,442	(1,259 – 1,652)
Montérégie	59	(17)	1,350	(1,234 – 1,477)	1,447	(1,333 – 1,571)
Montréal	80	(23)	1,377	(1,269 – 1,494)	1,458	(1,358 – 1,566)
Laval	19	(6)	1,623	(1,354 – 1,945)	1,687	(1,444 – 1,972)
Lanaudière	25	(7)	1,583	(1,361 – 1,842)	1,543	(1,366 – 1,742)
Laurentides	15	(4)	1,369	(1,169 – 1,603)	1,400	(1,211 – 1,619)
Outaouais	9	(3)	1,400	(1,148 – 1,706)	1,411	(1,164 – 1,709)
Abitibi	8	(2)	1,077	(0,935 – 1,241)	1,185	(0,995 – 1,410)
Mauricie	12	(3)	1,378	(1,159 – 1,638)	1,456	(1,230 – 1,724)
Saguenay	28	(8)	1,136	(1,046 – 1,234)	1,238	(1,122 – 1,366)
QC Nord	6	(2)	1,475	(1,133 – 1,920)	1,929	(1,333 – 2,792)
Sexe						
Homme	276	(80)	1,297 ^c	(1,189 – 1,414)	1,380 ^c	(1,263 – 1,508)
Femme	67	(20)	1,444 ^c	(1,309 – 1,592)	1,478 ^c	(1,375 – 1,589)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 3,15(1) p = 0,076		Q(dl) = 2,22(1) p = 0,136	
Âge						
15-24 ans	52	(15)	1,409 ^d	(1,202 – 1,653)	1,313 ^d	(1,182 – 1,459)
25-44 ans	194	(57)	1,337 ^d	(1,220 – 1,464)	1,424 ^d	(1,354 – 1,496)
45 ans et plus	97	(28)	1,262 ^d	(1,163 – 1,369)	1,403 ^d	(1,318 – 1,492)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 1,85(2) p = 0,396		Q(dl) = 3,05(2) p = 0,218	
Industrie (regroupement de codes SCIAN 2 positions)						
Extérieure	80	(23)	1,437 ^e	(1,341 – 1,540)	1,417 ^e	(1,314 – 1,527)
Intérieure	263	(77)	1,336 ^e	(1,192 – 1,498)	1,444 ^e	(1,378 – 1,514)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 1,47(1) p = 0,225		Q(dl) = 0,98(1) p = 0,322	

- ^a RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés (incluant les vacances de la construction), les précipitations moyennes quotidiennes, la pression partielle moyenne quotidienne de la vapeur d'eau, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.
- ^b RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, les vacances de la construction, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.
- ^c Les RTI ont été générés en excluant certaines régions (Gaspésie, Bas-Saint-Laurent, Capitale-Nationale, Estrie, Lanaudière, Abitibi, QC Nord), avec la régression binomiale négative chez les hommes et la régression de poisson chez les femmes. La comparaison des RTI des hommes et des femmes a porté sur 194 et 63 cas respectivement, de 2001 à 2016.
- ^d Les RTI ont été générés en excluant certaines régions (Gaspésie, Estrie, Laval, Outaouais, Abitibi, Mauricie, QC Nord) et en excluant les samedis qui ne comportaient aucun cas, afin que le modèle puisse converger. Le nombre de lésions respectives pour ces analyses est de 47, 146 et 79 de 2001 à 2016 chez les 15-24 ans, 25-44 ans et 45 ans et plus.
- ^e Les RTI ont été générés en excluant certaines régions (Gaspésie, Estrie, Centre-Du-Québec, Outaouais, QC Nord). La comparaison des RTI des industries extérieures et intérieures a porté sur 73 et 200 cas respectivement, de 2001 à 2016. Pour le groupe industrie extérieure, les valeurs manquantes de la variable sur les effectifs mensuels ont été estimées par extrapolation linéaire entre deux dates consécutives, sinon on leur a attribué la valeur nulle. Pour le groupe industrie intérieure, les effectifs ont été estimés à partir des effectifs de la population totale en emploi et du groupe industrie extérieure, après imputation des valeurs manquantes.

Tableau 2 Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par le WSIB de l'Ontario de mai à septembre 2002 à 2017 et ratios de taux d'incidence (RTI) par 1 °C d'augmentation de la température maximale journalière

Groupe	Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur, 2002-2017 (%)		RTI (IC 95 %) ^a modèle T _{max}		RTI (IC 95 %) ^b modèle WBGT _{max}	
Total Ontario	1 014	(100)	1,412	(1,386 – 1,438)	1,484	(1,454 – 1,514)
Région économique						
Ottawa	115	(11)	1,368	(1,289 – 1,452)	1,480	(1,390 – 1,576)
Kingston-Pembroke	22	(2)	1,488	(1,279 – 1,730)	1,591	(1,378 – 1,837)
Muskoka-Kawarthas	30	(3)	1,480	(1,314 – 1,668)	1,588	(1,418 – 1,779)
Toronto	406	(40)	1,379	(1,328 – 1,431)	1,458	(1,405 – 1,513)
Kitchener-Waterloo-Barrie	123	(12)	1,383	(1,303 – 1,468)	1,465	(1,382 – 1,554)
Hamilton-Niagara Peninsula	133	(13)	1,446	(1,357 – 1,541)	1,493	(1,410 – 1,581)
London	52	(5)	1,472	(1,333 – 1,626)	1,613	(1,463 – 1,778)
Windsor-Sarnia	68	(7)	1,620	(1,462 – 1,796)	1,694	(1,545 – 1,857)
Stratford-Bruce Peninsula	25	(2)	1,631	(1,393 – 1,910)	1,701	(1,482 – 1,952)
Nord-Est	28	(3)	1,380	(1,236 – 1,540)	1,470	(1,298 – 1,664)
Nord-Ouest	12	(1)	1,396	(1,174 – 1,660)	1,595	(1,301 – 1,956)
Sexe						
Homme	685	(68)	1,406	(1,371 – 1,441)	1,480	(1,443 – 1,517)
Femme	329	(32)	1,417	(1,356 – 1,480)	1,469	(1,427 – 1,511)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dI) = 0,144(1) p = 0,704		Q(dI) = 0,54(1) p = 0,462	
Âge						
15-24 ans	187	(18)	1,417 ^c	(1,365 – 1,470)	1,394 ^c	(1,339 – 1,452)
25-44 ans	463	(46)	1,433 ^c	(1,391 – 1,477)	1,523 ^c	(1,461 – 1,588)
45 ans et plus	364	(36)	1,381 ^c	(1,334 – 1,428)	1,459 ^c	(1,416 – 1,505)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dI) = 2,69(2) p = 0,260		Q(dI) = 11,90(2) p = 0,003	

^a RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, les précipitations moyennes quotidiennes, la pression partielle moyenne quotidienne de la vapeur d'eau, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

^b RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

^c Les RTI ont été générés en excluant les jours fériés afin de permettre la comparaison des groupes 15-24 ans et 45 ans et plus avec le groupe 25-44 ans, qui ne comportait aucun cas pour la variable jour férié.

Tableau 3 Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par la « Workers' Compensation Board of Manitoba » de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d'incidence (RTI) par 1 °C d'augmentation de la température maximale journalière

Groupe	Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur, 2001-2016 (%)		RTI (IC 95 %) ^a modèle T _{max}		RTI (IC 95 %) ^b modèle WBGT _{max}	
Total Manitoba	130	(100)	1,361	(1,319 – 1,405)	1,406	(1,376 – 1,436)
Région économique						
Sud-Est	8	(6)	1,439	(1,129 – 1,834)	1,594	(1,248 – 2,037)
Centre Sud/Centre Nord	6	(5)	1,508	(1,144 – 1,986)	1,457	(1,130 – 1,878)
Sud-Ouest	17	(13)	1,443	(1,249 – 1,668)	1,538	(1,309 – 1,807)
Winnipeg	87	(67)	1,335	(1,245 – 1,432)	1,377	(1,283 – 1,478)
Interlake	7	(5)	1,261	(1,032 – 1,540)	1,452	(1,164 – 1,812)
Parklands et Nord	5	(4)	1,288	(0,997 – 1,665)	1,441	(1,094 – 1,899)
Sexe						
Homme	107	(82)	-	-	-	-
Femme	23	(18)	-	-	-	-
Âge						
15-24 ans	26	(20)	-	-	-	-
25-44 ans	58	(45)	-	-	-	-
45 ans et plus	46	(35)	-	-	-	-

^a RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les précipitations moyennes quotidiennes, la pression partielle moyenne quotidienne de la vapeur d'eau, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux. Le samedi, les jours fériés (1 cas à Winnipeg) et le mois de septembre (0 cas pour les régions Centre Sud/Centre Nord, Interlake et Parklands et Nord) ont été exclus.

^b RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux. Le samedi, les jours fériés (1 cas à Winnipeg) et le mois de septembre (0 lésion pour les régions Centre Sud/Centre Nord, Interlake et Parklands et Nord) ont été exclus.

Tableau 4 Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par la « Saskatchewan Workers' Compensation Board » de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d'incidence (RTI) par 1 °C d'augmentation de la température maximale journalière

Groupe	Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur, 2001-2016 (%)		RTI (IC 95 %)ª		RTI (IC 95 %)ª	
			modèle T _{max}		modèle WBGT _{max}	
Total Saskatchewan	248	(100)	1,283	(1,245 – 1,323)	1,420	(1,376 – 1,467)
Région économique						
Regina-Moose Mountain	120	(48)	1,282	(1,207 – 1,361)	1,400	(1,318 – 1,486)
Swift Current-Moose Jaw	17	(7)	1,298	(1,120 – 1,505)	1,468	(1,246 – 1,730)
Saskatoon-Biggar	79	(32)	1,244	(1,161 – 1,333)	1,369	(1,267 – 1,479)
Yorkton-Melville	10	(4)	1,300	(1,053 – 1,603)	1,489	(1,217 – 1,822)
Prince Albert et Nord	22	(9)	1,373	(1,193 – 1,580)	1,539	(1,308 – 1,812)
Sexe						
Homme	197	(79)	1,284 ^c	(1,249 – 1,320)	1,411	(1,363 – 1,461)
Femme	50	(20)	1,280 ^c	(1,162 – 1,410)	1,472	(1,351 – 1,604)
Inconnu	1	(0)	-	-	-	-
Test Q de Cochran	-	-	Q(dI) = 0,009(1) p = 0,923		Q(dI) = 0,80(1) p = 0,371	
Âge						
15-24 ans	90	(36)	1,273 ^d	(1,197 – 1,354)	1,454 ^d	(1,381 – 1,529)
25-44 ans	112	(45)	1,299 ^d	(1,251 – 1,348)	1,435 ^d	(1,400 – 1,472)
45 ans et plus	47	(19)	1,276 ^d	(1,193 – 1,364)	1,357 ^d	(1,250 – 1,474)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dI) = 0,75(2) p = 0,688		Q(dI) = 2,20(2) p = 0,331	

^a RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les précipitations moyennes quotidiennes, la pression partielle moyenne quotidienne de la vapeur d'eau, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux. Les jours fériés ont été exclus (0 cas).

^b RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux. Les jours fériés ont été exclus (0 cas).

^c Les jours fériés (0 cas) et la région de Yorkton-Melville (1 cas chez les femmes) ont été exclus. Les analyses portent sur 188 et 49 cas respectivement, chez les hommes et les femmes.

^d Les jours fériés et le mois de septembre ont été exclus (0 cas dans le groupe 15-24 ans). Les analyses portent sur 89, 107 et 45 cas respectivement, dans les groupes 15-24 ans, 25-44 ans et 45 ans et plus.

Tableau 5 Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par la « Workers' Compensation Board of Alberta » de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d'incidence (RTI) par 1 °C d'augmentation de la température maximale journalière

Groupe	Nombre de problèmes de santé liés à la chaleur, 2001-2016 (%)		RTI (IC 95 %) ^a modèle T _{max}		RTI (IC 95 %) ^b modèle WBGT _{max}	
Total Alberta	370	(100)	1,324	(1,287 – 1,362)	1,512	(1,458 – 1,567)
Région économique						
Lethbridge-Medicine Hat	20	(5)	1,274	(1,149 – 1,413)	1,414	(1,248 – 1,603)
Camrose-Drumheller	10	(3)	1,364	(1,174 – 1,584)	1,517	(1,257 – 1,830)
Calgary	117	(32)	1,348	(1,282 – 1,417)	1,571	(1,478 – 1,669)
Banff-Jasper-Athabasca	27	(7)	1,375	(1,242 – 1,522)	1,603	(1,408 – 1,825)
Red Deer	23	(6)	1,417	(1,268 – 1,583)	1,680	(1,461 – 1,933)
Edmonton	163	(44)	1,355	(1,299 – 1,414)	1,522	(1,447 – 1,601)
Wood Buffalo-Cold Lake	10	(3)	1,287	(1,100 – 1,505)	1,354	(1,138 – 1,610)
Sexe						
Homme	281	(76)	1,330 ^c	(1,289 – 1,371)	1,521 ^c	(1,455 – 1,589)
Femme	86	(23)	1,318 ^c	(1,257 – 1,382)	1,560 ^c	(1,471 – 1,653)
Inconnu	3	(1)	-	-	-	-
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 0,12(1) p = 0,728		Q(dl) = 0,73(1) p = 0,393	
Âge						
15-24 ans	118	(32)	1,345	(1,296 – 1,396)	1,521	(1,459 – 1,586)
25-44 ans	176	(48)	1,307	(1,248 – 1,370)	1,519	(1,429 – 1,615)
45 ans et plus	76	(21)	1,316	(1,291 – 1,341)	1,487	(1,410 – 1,569)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 1,36(2) p = 0,507		Q(dl) = 0,47(2) p = 0,792	
Industrie (regroupement de codes SCIAN 2 positions)						
Extérieure	192	(52)	1,346 ^d	(1,309 – 1,384)	1,570 ^d	(1,451 – 1,699)
Intérieure	177	(48)	1,308 ^d	(1,244 – 1,375)	1,505 ^d	(1,425 – 1,589)
Inconnu	1	(0)	-	-	-	-
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 1,46(1) p = 0,227		Q(dl) = 0,81(1) p = 0,393	

^a RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, les précipitations moyennes quotidiennes, la pression partielle moyenne quotidienne de la vapeur d'eau, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

^b RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

^c Le mois de septembre et la région de Wood-Buffer-Cold Lake ont été exclus des analyses (0 cas répertorié chez les femmes). Les analyses portent sur 258 et 86 cas respectivement, chez les hommes et les femmes.

^d Pour le groupe industrie extérieure, les valeurs manquantes de la variable sur les effectifs mensuels ont été estimées par extrapolation linéaire entre deux dates consécutives, sinon on leur a attribué la valeur nulle. Pour le groupe industrie intérieure, les effectifs ont été estimés à partir des effectifs de la population totale en emploi et du groupe industrie extérieure, après imputation des valeurs manquantes. La région de Wood Buffalo-Cold Lake a été exclue des analyses (0 cas pour le groupe industrie intérieure). Les analyses portent sur 183 et 176 cas pour le groupe industrie extérieure et intérieure, respectivement.

3.1.2 BLESSURES TRAUMATIQUES

Les tableaux 6 à 10 présentent le nombre de blessures traumatiques acceptées par les commissions d'indemnisation de chaque province sur une période de 16 ans. Ils présentent aussi l'estimation de ce nombre journalier par 1 °C d'augmentation de la température extérieure estivale (RTI et IC à 95 %) à l'échelle provinciale et à l'échelle régionale, ainsi que selon le sexe, l'âge et pour l'Alberta et le Québec, l'industrie extérieure ou intérieure.

Au Québec, de 2001 à 2016, la CNESST a accepté 514 832 demandes d'indemnisation pour une blessure traumatique attribuée au travail. Le tableau 6 présente la répartition de ces blessures, qui est en partie le reflet de la taille respective des sous-groupes. Pour l'ensemble de la province, une augmentation d'environ 0,2 % (IC à 95 % : 0,1-0,3 %) du nombre journalier de blessures a été estimée pour chaque 1 °C d'augmentation de la température T_{\max} et $WBGT_{\max}$ quotidienne. Cela représente environ 64 blessures additionnelles durant les cinq mois chauds de chaque année de cette période (514 832 blessures entre mai et septembre de 2001 à 2016 équivalent à 215 blessures par jour. En y appliquant une augmentation de 0,2 %, on obtient 0,43 blessure additionnelle par jour, soit 64 blessures additionnelles sur les cinq mois chauds d'une année). Les augmentations sont largement comparables à l'échelle des régions économiques, mais plus importantes pour les régions de l'Abitibi (0,7 % et 0,9 % dans les modèles T_{\max} et $WBGT_{\max}$, respectivement) et du QC Nord (0,9 % et 1,3 % dans ces modèles respectifs). L'effet de l'augmentation de température sur les RTI est plus important chez les travailleurs masculins, chez les plus jeunes (gradient dose-réponse selon l'âge) et pour les industries extérieures (hétérogénéité statistiquement significative associée aux strates âge, sexe et industrie, tests Q de Cochran, tableau 6). Au sein des industries dont les activités se déroulent majoritairement à l'extérieur, le secteur « agriculture, foresterie, pêche et chasse » se démarque avec une augmentation de 1,1 % du nombre de blessures (IC 95 % : 0,6-1,6 %) pour chaque 1 °C d'augmentation de T_{\max} et une augmentation de 1,2 % du nombre de blessures (IC à 95 % : 0,5-1,8 %) avec $WBGT_{\max}$. Dans le secteur de la construction, l'augmentation du nombre de blessures est de 0,5 % pour chaque 1 °C additionnel de T_{\max} (IC à 95 % : 0,3-0,8 %) et de $WBGT_{\max}$ (IC à 95 % : 0,2-0,8 %) (noter que ces résultats ne paraissent pas dans le tableau 6¹²).

En Ontario, le WSIB a accepté 400 369 demandes d'indemnisation pour des blessures attribuées au travail de 2002 à 2017 (tableau 7), dont la moitié est répertoriée dans la région de Toronto. Une augmentation d'environ 0,2 % du nombre de blessures journalières a été estimée pour chaque 1 °C d'augmentation de T_{\max} (IC à 95 % : 0,2-0,3 %) et de $WBGT_{\max}$ (IC à 95 % : 0,1-0,3 %). Des augmentations similaires sont notées pour les régions économiques. L'impact de la hausse de température est plus important chez les travailleurs masculins et la main-d'œuvre jeune.

Au Manitoba, un total de 180 404 demandes pour des blessures a été accepté par la commission d'indemnisation de la province de 2001 à 2016 (tableau 8). La région économique de Winnipeg affiche la fréquence de lésions la plus élevée (64 %). Le RTI pour chaque 1 °C d'augmentation de la température extérieure maximale augmente de 0,3 % avec T_{\max} (IC à 95 % : 0,2-0,4 %) et de 0,4 % avec $WBGT_{\max}$ (IC à 95 % : 0,2-0,5 %) pour l'ensemble de la province. Les associations régionales se comparent à celles de la province, sauf dans la région Sud-Ouest, qui se distingue avec des augmentations du nombre de blessures de 0,8 % et 1,0 % dans les modèles T_{\max} et $WBGT_{\max}$, respectivement. La force de l'association entre la température et les RTI est plus importante chez les hommes et pour le groupe des 15-24 ans.

¹² Les analyses plus détaillées selon le secteur n'ont été réalisées que pour le QC, les délais d'accès aux données des différentes provinces ayant mené à une priorisation des analyses vers l'atteinte des objectifs principaux de la recherche.

Un total de 141 374 réclamations pour des blessures traumatiques a été accepté par la commission d'indemnisation de la Saskatchewan de 2001 à 2016 (tableau 9), réparties surtout entre Saskatoon-Biggar (38 %) et Regina-Moose Mountain (34 %). Chaque 1 °C d'augmentation de T_{max} est associé à une augmentation du nombre journalier de blessures de 0,4 % (IC à 95 % : 0,3-0,5 %) et à une augmentation de 0,6 % (IC à 95 % : 0,5-0,8 %) avec $WBGT_{max}$. Des associations comparables sont notées dans les cinq régions économiques de la province. L'ampleur de la relation est plus importante chez les hommes, en particulier pour l'indicateur $WBGT_{max}$. Pour les deux indicateurs, l'ampleur de la relation est plus importante au sein du groupe des 15-24 ans.

En Alberta, 258 129 demandes ont été acceptées par la commission d'indemnisation de la province de 2001 à 2016 (tableau 10), réparties principalement entre les régions d'Edmonton (39 %) et de Calgary (37 %). Pour l'ensemble de la province, des augmentations d'environ 0,3 % (IC à 95 % : 0,2-0,4 %) du nombre journalier de blessures ont été estimées pour chaque 1 °C d'augmentation de T_{max} et d'environ 0,5 % (IC à 95 % : 0,3-0,6 %) avec $WBGT_{max}$. Banff-Jasper-Athabasca se démarque avec des augmentations de 0,9 % et de 1,3 % du nombre de blessures dans ces deux modèles respectifs. L'effet de la température est plus important sur les RTI des hommes, des personnes de 15-24 ans et des personnes œuvrant dans les industries dont la majorité des activités se déroulent à l'extérieur.

Tableau 6 Nombre de blessures traumatiques liées au travail acceptées par la CNESST du Québec de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d'incidence (RTI) par 1 °C d'augmentation de la température maximale journalière

Groupe	Nombre de blessures traumatiques, 2001-2016 (%)		RTI (IC 95 %) ^a modèle T _{max}		RTI (IC 95 %) ^b modèle WBGT _{max}	
Total Québec	514 832	(100)	1,002	(1,001 – 1,003)	1,002	(1,001 – 1,003)
Région économique (correspond à la région administrative)						
Gaspésie	5 576	(1)	1,001	(0,995 – 1,007)	1,001	(0,994 – 1,008)
Bas-Saint-Laurent	14 409	(3)	1,004	(1,000 – 1,008)	1,005	(1,000 – 1,010)
Capitale-Nationale	51 937	(10)	1,005	(1,002 – 1,007)	1,005	(1,002 – 1,008)
Chaudière-Appalaches	29 431	(6)	1,000	(0,997 – 1,002)	0,999	(0,995 – 1,002)
Estrie	22 861	(4)	1,002	(0,999 – 1,005)	1,002	(0,999 – 1,006)
Centre-du-Québec	18 803	(4)	0,998	(0,995 – 1,002)	0,998	(0,994 – 1,002)
Montérégie	89 410	(17)	1,001	(0,999 – 1,003)	1,001	(0,998 – 1,003)
Montréal	144 255	(28)	1,000	(0,999 – 1,002)	1,001	(0,999 – 1,003)
Laval	23 776	(5)	1,005	(1,002 – 1,008)	1,005	(1,002 – 1,009)
Lanaudière	23 937	(5)	1,000	(0,997 – 1,003)	1,000	(0,997 – 1,003)
Laurentides	24 166	(5)	1,002	(0,999 – 1,005)	1,003	(1,000 – 1,007)
Outaouais	13 478	(3)	1,003	(0,999 – 1,006)	1,003	(0,998 – 1,007)
Abitibi	11 192	(2)	1,007	(1,003 – 1,010)	1,009	(1,005 – 1,014)
Mauricie	14 782	(3)	1,006	(1,002 – 1,009)	1,007	(1,003 – 1,012)
Saguenay	17 715	(3)	1,005	(1,002 – 1,008)	1,008	(1,003 – 1,012)
QC Nord	9 104	(2)	1,009	(1,004 – 1,014)	1,013	(1,007 – 1,019)
Sexe						
Homme	361 204	(70)	1,003	(1,002 – 1,004)	1,003	(1,002 – 1,004)
Femme	153 628	(30)	1,000	(0,999 – 1,001)	1,000	(0,998 – 1,001)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 13,32(1) p = 0,0003		Q(dl) = 11,08(1) p = 0,0009	
Âge						
15-24 ans	93 016	(18)	1,007	(1,006 – 1,009)	1,010	(1,007 – 1,012)
25-44 ans	245 752	(48)	1,002	(1,001 – 1,003)	1,002	(1,001 – 1,002)
45 ans et plus	176 064	(34)	0,999	(0,998 – 1,000)	0,999	(0,997 – 1,000)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 59,95(2) p < 0,0001		Q(dl) = 70,41(1) p < 0,0001	
Industrie (regroupement de codes SCIAN 2 positions)						
Extérieure	90 415	(18)	1,004 ^c	(1,003 – 1,006)	1,005 ^c	(1,002 – 1,007)
Intérieure	423 818	(82)	1,002 ^c	(1,001 – 1,002)	1,002 ^c	(1,001 – 1,003)
Inconnue	599	(0)	-	-	-	-
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 8,56(1), p = 0,0034		Q(dl) = 5,55(1) p = 0,0184	

^a RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, les vacances de la construction, les précipitations moyennes quotidiennes, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

^b RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, les vacances de la construction, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

^c Pour le groupe industrie extérieure, les valeurs manquantes de la variable sur les effectifs mensuels ont été estimées par extrapolation linéaire entre deux dates consécutives, sinon on leur a attribué la valeur nulle.

Tableau 7 Nombre de blessures traumatiques liées au travail acceptées par le WSIB de l'Ontario de mai à septembre 2002 à 2017 et ratios de taux d'incidence (RTI) par 1 °C d'augmentation de la température maximale journalière

Groupe	Nombre de blessures traumatiques, 2002-2017 (%)		RTI (IC 95 %) ^a modèle T _{max}		RTI (IC 95 %) ^b modèle WBGT _{max}	
Total Ontario	400 369	(100)	1,002	(1,002 – 1,003)	1,002	(1,001 – 1,003)
Région économique						
Ottawa	40 507	(10)	1,001	(0,999 – 1,004)	1,001	(0,998 – 1,004)
Kingston-Pembroke	9 872	(2)	1,007	(1,003 – 1,012)	1,007	(1,002 – 1,012)
Muskoka-Kawarthas	9 470	(2)	1,007	(1,002 – 1,011)	1,008	(1,002 – 1,013)
Toronto	201 986	(50)	1,002	(1,001 – 1,004)	1,002	(1,000 – 1,004)
Kitchener-Waterloo-Barrie	33 105	(8)	1,001	(0,998 – 1,003)	1,000	(0,997 – 1,004)
Hamilton-Niagara Peninsula	40 797	(10)	1,002	(1,000 – 1,005)	1,001	(0,999 – 1,004)
London	15 939	(4)	0,998	(0,995 – 1,002)	0,996	(0,992 – 1,000)
Windsor-Sarnia	20 997	(5)	1,003	(1,000 – 1,007)	1,004	(1,000 – 1,007)
Stratford-Bruce Peninsula	6 885	(2)	1,007	(1,002 – 1,012)	1,009	(1,003 – 1,015)
Nord-Est	14 508	(4)	1,001	(0,998 – 1,005)	1,002	(0,997 – 1,006)
Nord-Ouest	6 303	(2)	1,004	(0,999 – 1,009)	1,005	(0,999 – 1,011)
Sexe						
Homme	251 019	(63)	1,004	(1,002 – 1,005)	1,004	(1,002 – 1,005)
Femme	149 242	(37)	1,000	(0,999 – 1,002)	1,000	(0,998 – 1,002)
Inconnu	108	(0)	-	-	-	-
Test Q de Cochran	-	-	Q(dI) = 13,74(1) p = 0,0002		Q(dI) = 11,50(1) p = 0,0006	
Âge						
15-24 ans	62 565	(16)	1,006	(1,004 – 1,009)	1,008	(1,005 – 1,010)
25-44 ans	186 191	(47)	1,002	(1,001 – 1,003)	1,002	(1,000 – 1,003)
45 ans et plus	151 613	(38)	1,001	(1,000 – 1,003)	1,001	(0,999 – 1,002)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dI) = 17,26(2) p = 0,0002		Q(dI) = 20,85(2) p < 0,0001	

^a RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, les précipitations moyennes quotidiennes, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

^b RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

Tableau 8 Nombre de blessures traumatiques liées au travail acceptées par la « Workers’ Compensation Board of Manitoba » de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d’incidence (RTI) par 1 °C d’augmentation de la température maximale journalière

Groupe	Nombre de blessures traumatiques, 2001-2016 (%)		RTI (IC 95 %) ^a modèle T _{max}		RTI (IC 95 %) ^b modèle WBGT _{max}	
Total Manitoba	180 404	(100)	1,003	(1,002 – 1,004)	1,004	(1,002 – 1,005)
Région économique						
Sud-Est	13 693	(8)	1,005	(1,001 – 1,008)	1,006	(1,002 – 1,010)
Centre Sud/Centre Nord	15 607	(9)	1,003	(1,000 – 1,006)	1,004	(1,000 – 1,008)
Sud-Ouest	10 864	(6)	1,008	(1,004 – 1,011)	1,010	(1,005 – 1,014)
Winnipeg	115 071	(64)	1,001	(0,999 – 1,003)	1,001	(0,999 – 1,003)
Interlake	11 815	(7)	1,004	(1,000 – 1,007)	1,005	(1,001 – 1,009)
Parklands et Nord	13 354	(7)	1,006	(1,003 – 1,009)	1,009	(1,004 – 1,013)
Sexe						
Homme	126 439	(70)	1,004	(1,003 – 1,005)	1,005	(1,003 – 1,007)
Femme	53 277	(30)	1,000	(0,998 – 1,002)	1,000	(0,997 – 1,003)
Inconnu	688	(0)	-	-	-	-
Test Q de Cochran	-	-	Q(dI) = 11,09(1) p = 0,0009		Q(dI) = 10,45(1) p = 0,0012	
Âge						
15-24 ans	35 530	(20)	1,005	(1,003 – 1,007)	1,007	(1,004 – 1,010)
25-44 ans	82 502	(46)	1,003	(1,001 – 1,005)	1,004	(1,002 – 1,006)
45 ans et plus	62 372	(35)	1,001	(1,000 – 1,003)	1,001	(0,999 – 1,003)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dI) = 6,28(2) p = 0,0434		Q(dI) = 9,19(2) p = 0,0101	

^a RTI ajustés pour le jour, le mois, l’année, les jours fériés, les précipitations moyennes quotidiennes, l’interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

^b RTI ajustés pour le jour, le mois, l’année, les jours fériés, l’interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

Tableau 9 Nombre de blessures traumatiques liées au travail acceptées par la « Saskatchewan Workers' Compensation Board » de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d'incidence (RTI) par 1 °C d'augmentation de la température maximale journalière

Groupe	Nombre de blessures traumatiques, 2001-2016 (%)		RTI (IC 95 %) ^a modèle T _{max}		RTI (IC 95 %) ^b modèle WBGT _{max}	
Total Saskatchewan	141 374	(100)	1,004	(1,003 – 1,005)	1,006	(1,005 – 1,008)
Région économique						
Regina-Moose Mountain	47 560	(34)	1,004	(1,002 – 1,006)	1,006	(1,003 – 1,009)
Swift Current-Moose Jaw	10 620	(8)	1,004	(1,000 – 1,007)	1,007	(1,002 – 1,012)
Saskatoon-Biggar	53 761	(38)	1,002	(1,000 – 1,004)	1,004	(1,002 – 1,007)
Yorkton-Melville	7 982	(6)	1,005	(1,001 – 1,009)	1,009	(1,003 – 1,014)
Prince Albert et Nord	21 451	(15)	1,006	(1,003 – 1,009)	1,010	(1,006 – 1,014)
Sexe						
Homme	94 617	(67)	1,004	(1,003 – 1,006)	1,007	(1,005 – 1,010)
Femme	45 751	(32)	1,003	(1,001 – 1,005)	1,004	(1,001 – 1,007)
Inconnu	1 006	(1)	-	-	-	-
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 1,85(1) p = 0,1741		Q(dl) = 3,96(1) p = 0,0464	
Âge						
15-24 ans	32 289	(23)	1,006	(1,004 – 1,009)	1,011	(1,007 – 1,014)
25-44 ans	64 459	(46)	1,003	(1,001 – 1,005)	1,006	(1,003 – 1,008)
45 ans et plus	44 626	(32)	1,003	(1,001 – 1,005)	1,004	(1,001 – 1,007)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 6,95(2) p = 0,0309		Q(dl) = 9,81(2) p = 0,0074	

^a RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, les précipitations moyennes quotidiennes, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

^b RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

Tableau 10 Nombre de blessures traumatiques liées au travail acceptées par la « Workers' Compensation Board of Alberta » de mai à septembre 2001 à 2016 et ratios de taux d'incidence (RTI) par 1 °C d'augmentation de la température maximale journalière

Groupe	Nombre de blessures traumatiques, 2001-2016 (%)		RTI (IC 95 %) ^a modèle T _{max}		RTI (IC 95 %) ^b modèle WBGT _{max}	
Total Alberta	258 129	(100)	1,003	(1,002 – 1,004)	1,005	(1,003 – 1,006)
Région économique						
Lethbridge-Medicine Hat	14 917	(6)	1,005	(1,003 – 1,008)	1,009	(1,004 – 1,013)
Camrose-Drumheller	7 998	(3)	1,007	(1,003 – 1,012)	1,013	(1,007 – 1,019)
Calgary	95 712	(37)	1,002	(1,001 – 1,004)	1,004	(1,001 – 1,006)
Banff-Jasper-Athabasca	19 663	(8)	1,009	(1,006 – 1,012)	1,013	(1,009 – 1,018)
Red Deer	14 093	(5)	1,001	(0,998 – 1,004)	1,002	(0,998 – 1,007)
Edmonton	100 804	(39)	1,002	(1,000 – 1,003)	1,004	(1,001 – 1,006)
Wood Buffalo-Cold Lake	4 942	(2)	1,003	(0,998 – 1,008)	1,003	(0,996 – 1,010)
Sexe						
Homme	178 373	(69)	1,003	(1,002 – 1,005)	1,006	(1,005 – 1,008)
Femme	77 893	(30)	1,001	(1,000 – 1,003)	1,001	(1,000 – 1,004)
Inconnu	1 863	(1)	-	-	-	-
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 4,80(1) p = 0,0284		Q(dl) = 11,63(1) p = 0,0006	
Âge						
15-24 ans	52 058	(20)	1,005	(1,003 – 1,007)	1,009	(1,006 – 1,012)
25-44 ans	124 157	(48)	1,002	(1,001 – 1,004)	1,004	(1,002 – 1,006)
45 ans et plus	81 914	(32)	1,002	(1,000 – 1,003)	1,003	(1,000 – 1,005)
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 6,50(2) p = 0,0388		Q(dl) = 12,99(2) p = 0,0015	
Industrie (regroupement de codes SCIAN 2 positions)						
Extérieure	82 609	(32)	1,005	(1,004 – 1,007)	1,010	(1,007 – 1,012)
Intérieure	175 456	(68)	1,001	(1,000 – 1,003)	1,002	(1,000 – 1,004)
Inconnue	64	(0)	-	-	-	-
Test Q de Cochran	-	-	Q(dl) = 15,55 p < 0,0001		Q(dl) = 25,77(1) p < 0,0001	

^a RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, les précipitations moyennes quotidiennes, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

^b RTI ajustés pour le jour, le mois, l'année, les jours fériés, l'interaction entre la région et la température (modèles régionaux) et les effectifs mensuels régionaux.

3.2 Problèmes de santé liés à la chaleur, horizon 2050

Le tableau 11 présente les hausses de températures projetées à l'horizon 2050 (période 2041-2060) sous les scénarios optimiste (RCP4.5) et pessimiste (RCP8.5), ainsi que le nombre journalier de problèmes de santé liés à la chaleur attendus par région économique et par province, considérant le nombre de ces problèmes de santé durant la période de référence (1997-2016).

Au Québec, les scénarios climatiques projettent des hausses régionales de T_{max} de 1,8 à 2,0 °C selon le scénario optimiste et de 2,2 à 2,6 °C selon le scénario pessimiste à l'horizon 2050. Les hausses correspondantes prévues avec l'indicateur WBGT_{max} sont de 1,5 à 1,7 °C et de 1,9 à 2,2 °C. Compte

tenu des augmentations de température T_{\max} , le nombre journalier de problèmes de santé liés à la chaleur pour une journée d'été passera de 0,139 à 0,256, soit une augmentation de 84 % si l'on considère le scénario optimiste. Le nombre de lésions par jour passera à 0,309 à l'horizon 2050 si l'on considère le scénario pessimiste, soit une augmentation de 122 %. Des hausses similaires sont anticipées avec l'indicateur $WBGT_{\max}$, soit 85 % sous le scénario optimiste (0,139 à 0,257 lésion par jour) et 129 % sous le scénario pessimiste (0,139 à 0,318 lésion par jour).

Pour l'Ontario, des augmentations régionales de T_{\max} de 1,7 à 1,9 °C sont projetées pour la période future 2041-2060 selon le scénario optimiste. Des augmentations de 2,3 à 2,6 °C sont projetées selon le scénario pessimiste. Les hausses régionales projetées pour $WBGT_{\max}$ sont de 1,6 à 1,7 °C (scénario optimiste) et de 2,1 à 2,4 °C (scénario pessimiste). Par conséquent, pour ces augmentations de T_{\max} , les comptes journaliers de lésions pour une journée d'été augmenteront de 90 % entre les périodes de référence et future selon le scénario optimiste (0,417 à 0,791 lésion par jour). Elles augmenteront de 139 % entre les périodes de référence et future selon le scénario pessimiste (0,417 à 0,998 lésion par jour). Les augmentations prenant l'indicateur $WBGT_{\max}$ seraient de 99 % (0,831 lésion par jour à l'horizon 2050) selon un scénario optimiste et de 157 % (1,070 lésion par jour à l'horizon 2050) selon un scénario pessimiste.

Le réchauffement régional projeté au Manitoba est de 2,0 à 2,1 °C prenant l'indicateur T_{\max} sous le scénario optimiste. Un réchauffement de 2,7 à 3,0 °C est projeté sous le scénario pessimiste. Les hausses projetées du $WBGT_{\max}$ sont de 1,6 à 1,7 °C (scénario RCP4.5) et de 2,2 à 2,3 °C (scénario RCP8.5). Nous prévoyons que le réchauffement modélisé pour T_{\max} sera accompagné d'une augmentation de 89 % du nombre journalier de problèmes de santé liés à la chaleur entre les périodes de référence et future sous le scénario optimiste (0,053 à 0,100 lésion par jour) et d'une augmentation de 136 % sous le scénario pessimiste (0,125 lésion par jour en 2050). Le réchauffement modélisé avec $WBGT_{\max}$ donnerait lieu à une augmentation de 81 % du nombre journalier de problèmes de santé liés à la chaleur sous le scénario RCP4.5 (0,096 lésion par jour à l'horizon 2050) et de 121 % sous le scénario RCP8.5 (0,117 lésion par jour à l'horizon 2050).

En Saskatchewan, les températures régionales T_{\max} augmenteront de 2,2 à 2,3 °C sous le scénario optimiste et de 2,8 à 3,1 °C sous le scénario pessimiste. Les températures $WBGT_{\max}$ augmenteront de 1,7 à 1,8 °C et de 2,2 à 2,4 °C selon ces scénarios respectifs. Ces augmentations de température estivale T_{\max} seront accompagnées d'une augmentation de 73 % du nombre journalier de problèmes de santé liés à la chaleur (0,101 à 0,175 lésion par jour) sous le scénario optimiste. Sous le scénario pessimiste, le nombre de ces lésions par jour augmenterait de 110 % (0,212 lésion par jour à l'horizon 2050). Les augmentations avec $WBGT_{\max}$ seraient de 83 % (0,185 lésion par jour à l'horizon 2050) selon un scénario optimiste et de 121 % (0,223 lésion par jour) selon scénario pessimiste.

En Alberta, les scénarios climatiques suggèrent des hausses régionales de T_{\max} de 2,0 à 2,4 °C sous le scénario optimiste et de 2,4 à 3,3 °C sous le scénario pessimiste. Les hausses projetées du $WBGT_{\max}$ sont de 1,6 à 1,9 °C et de 2,0 à 2,5 °C sous les scénarios optimiste et pessimiste, respectivement. Ces augmentations de température estivale T_{\max} seraient accompagnées d'une augmentation de 95 % du nombre journalier de problèmes de santé liés à la chaleur (0,151 à 0,295 lésion par jour) si l'on considère le scénario optimiste. Elles seraient accompagnées d'une augmentation de 137 % du nombre quotidien de ces problèmes de santé entre la période de référence et future si l'on considère le scénario pessimiste (0,358 lésion par jour à l'horizon 2050). Si l'on considère les hausses de $WBGT_{\max}$, le nombre de problèmes de santé liés à la chaleur pour une journée d'été augmentera de 113 % sous le scénario optimiste (0,321 lésion par jour) et de 165 % sous le scénario pessimiste (0,400 lésion par jour) à l'horizon 2050.

Tableau 11 Nombre moyen journalier de problèmes de santé liés à la chaleur estimé à l’horizon 2050 pour cinq provinces canadiennes, en considérant les hausses de température projetées (Delta)¹³ sous deux scénarios de forçage

	Nombre moyen journalier de lésions, 1997-2016	Delta T _{max} (°C) RCP4.5	Nombre moyen journalier de lésions, 2041-2060 RCP4.5	Delta T _{max} (°C) RCP8.5	Nombre moyen journalier de lésions, 2041-2060 RCP8.5	Delta WBGT _{max} (°C) RCP4.5	Nombre moyen journalier de lésions, 2041-2060 RCP4.5	Delta WBGT _{max} (°C) RCP8.5	Nombre moyen journalier de lésions, 2041-2060 RCP8.5
Total Québec	0,139		0,256		0,309		0,257		0,318
Gaspésie	0,002	2,0	0,004	2,5	0,005	1,7	0,004	2,1	0,005
Bas-Saint-Laurent	0,004	1,8	0,007	2,3	0,008	1,5	0,008	2,0	0,010
Capitale-Nationale	0,008	1,9	0,013	2,5	0,016	1,6	0,013	2,1	0,016
Chaudière-Appalaches	0,007	1,9	0,014	2,5	0,017	1,6	0,014	2,1	0,018
Estrie	0,005	2,0	0,011	2,6	0,014	1,6	0,010	2,2	0,013
Centre-du-Québec	0,007	1,9	0,012	2,5	0,014	1,6	0,013	2,2	0,016
Montréal	0,024	1,9	0,043	2,5	0,051	1,6	0,045	2,2	0,055
Montréal	0,032	1,9	0,059	2,4	0,071	1,6	0,060	2,2	0,074
Laval	0,008	1,9	0,019	2,4	0,025	1,6	0,018	2,2	0,024
Lanaudière	0,010	1,9	0,024	2,5	0,031	1,6	0,020	2,2	0,025
Laurentides	0,006	1,9	0,011	2,5	0,013	1,6	0,011	2,2	0,013
Outaouais	0,004	1,9	0,007	2,5	0,009	1,7	0,006	2,2	0,008
Abitibi	0,003	2,0	0,004	2,5	0,004	1,6	0,004	2,1	0,005
Mauricie	0,005	1,9	0,009	2,4	0,011	1,6	0,009	2,1	0,011
Saguenay	0,011	1,9	0,014	2,4	0,015	1,5	0,016	2,0	0,017
QC Nord	0,002	1,8	0,005	2,2	0,006	1,5	0,006	1,9	0,008
Total Ontario	0,417		0,791		0,998		0,831		1,070
Ottawa	0,047	1,9	0,085	2,5	0,104	1,7	0,091	2,2	0,113
Kingston-Pembroke	0,009	1,8	0,019	2,5	0,024	1,6	0,019	2,2	0,025
Muskoka-Kawartha	0,012	1,9	0,025	2,5	0,033	1,7	0,026	2,3	0,035
Toronto	0,168	1,8	0,302	2,5	0,372	1,7	0,319	2,3	0,403
Kitchener-Waterloo-Barrie	0,050	1,9	0,094	2,6	0,117	1,7	0,098	2,4	0,125
Hamilton-Niagara Peninsula	0,055	1,8	0,104	2,4	0,134	1,6	0,106	2,3	0,137
London	0,021	1,8	0,043	2,5	0,056	1,7	0,049	2,3	0,066
Windsor-Sarnia	0,028	1,7	0,063	2,3	0,086	1,6	0,066	2,2	0,091
Stratford-Bruce Peninsula	0,010	1,9	0,025	2,6	0,035	1,7	0,025	2,3	0,035
Nord-Est	0,011	1,9	0,021	2,5	0,026	1,6	0,021	2,2	0,027
Nord-Ouest	0,005	1,9	0,009	2,5	0,011	1,6	0,010	2,1	0,013

¹³ De façon globale, le signal du changement climatique était supérieur à la dispersion inter-modèle, c.-à-d. à la variabilité naturelle du climat.

Tableau 11 Nombre moyen journalier de problèmes de santé liés à la chaleur estimé à l’horizon 2050 pour cinq provinces canadiennes, en considérant les hausses de température projetées (Delta)¹⁴ sous deux scénarios de forçage (suite)

	Nombre moyen journalier de lésions, 1997-2016	Delta T _{max} (°C) RCP4.5	Nombre moyen journalier de lésions, 2041-2060 RCP4.5	Delta T _{max} (°C) RCP8.5	Nombre moyen journalier de lésions, 2041-2060 RCP8.5	Delta WBGT _{max} (°C) RCP4.5	Nombre moyen journalier de lésions, 2041-2060 RCP4.5	Delta WBGT _{max} (°C) RCP8.5	Nombre moyen journalier de lésions, 2041-2060 RCP8.5
Total Manitoba	0,053		0,100		0,125		0,096		0,117
Sud-Est	0,003	2,0	0,007	2,8	0,009	1,7	0,007	2,2	0,009
Centre Sud/Centre Nord	0,002	2,0	0,006	2,8	0,008	1,6	0,005	2,2	0,006
Sud-Ouest	0,007	2,1	0,015	3,0	0,021	1,7	0,014	2,3	0,019
Winnipeg	0,036	2,1	0,064	2,8	0,079	1,7	0,061	2,2	0,073
Interlake	0,003	2,1	0,005	2,8	0,006	1,7	0,005	2,3	0,007
Parklands et Nord	0,002	2,1	0,003	2,7	0,004	1,7	0,004	2,2	0,004
Total Saskatchewan	0,101		0,175		0,212		0,185		0,223
Regina-Moose Mountain	0,049	2,2	0,084	3,1	0,105	1,7	0,088	2,3	0,108
Swift Current-Moose Jaw	0,007	2,3	0,013	3,1	0,016	1,8	0,014	2,4	0,017
Saskatoon-Biggar	0,032	2,2	0,053	2,9	0,061	1,8	0,056	2,2	0,065
Yorkton-Melville	0,004	2,3	0,007	2,9	0,009	1,8	0,008	2,3	0,010
Prince Albert et Nord	0,009	2,2	0,018	2,8	0,022	1,7	0,019	2,2	0,023
Total Alberta	0,151		0,295		0,358		0,321		0,400
Lethbridge-Medicine Hat	0,008	2,4	0,014	3,3	0,018	1,9	0,016	2,5	0,019
Camrose-Drumheller	0,004	2,3	0,008	2,8	0,010	1,8	0,009	2,2	0,010
Calgary	0,048	2,2	0,094	3,1	0,122	1,7	0,105	2,4	0,140
Banff-Jasper-Athabasca	0,011	2,2	0,022	2,6	0,025	1,7	0,025	2,1	0,030
Red Deer	0,009	2,2	0,020	2,8	0,025	1,7	0,023	2,2	0,030
Edmonton	0,066	2,2	0,129	2,7	0,150	1,7	0,137	2,1	0,164
Wood Buffalo-Cold Lake	0,004	2,0	0,007	2,4	0,008	1,6	0,007	2,0	0,007

¹⁴ De façon globale, le signal du changement climatique était supérieur à la dispersion inter-modèle, c.-à-d. à la variabilité naturelle du climat.

4 Discussion

4.1 Principaux constats

Cette étude apporte des connaissances nouvelles sur la relation entre les températures estivales et la morbidité professionnelle au Canada. S'appuyant sur les données d'indemnisation des lésions professionnelles et les données météorologiques de cinq provinces du centre et de l'ouest canadien sur une période de 16 ans, l'étude a montré que chaque 1 °C d'augmentation de la température maximale quotidienne en été T_{\max} était accompagné d'une augmentation de 28 à 41 % (selon la province) du nombre journalier de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par les commissions d'indemnisation. L'ampleur de l'augmentation se situait entre 41 et 51 % d'une province à l'autre avec l'indicateur WBGT_{max}. Appliquée à la province de Québec, une augmentation de 34 % (modèle T_{\max}) représente sept réclamations additionnelles acceptées par la CNESST pour des problèmes de santé liés à la chaleur durant les cinq mois chauds de chaque année de la période 2001-2016. Aucun écart n'était soulevé selon le sexe et l'âge. Aucun écart non plus n'était soulevé concernant le travail dans une industrie extérieure ou intérieure au Québec ou en Alberta. De plus, chaque 1 °C d'augmentation de T_{\max} était associé à une augmentation de 0,2 à 0,4 % (selon la province) du nombre quotidien de blessures traumatiques attribuées au travail. Cette augmentation était de l'ordre de 0,2 à 0,6 % avec l'indicateur WBGT_{max}. Quoique cette augmentation puisse paraître faible, elle revêt une importance du fait qu'elle concerne un grand nombre d'individus. Appliquée à la province de Québec, une augmentation de 0,2 % représente environ 64 blessures additionnelles durant les cinq mois chauds de chaque année de la période 2001-2016. L'effet de l'augmentation de température sur le risque de blessure traumatique acceptée était plus important chez les travailleurs masculins, chez la main-d'œuvre plus jeune (15-24 ans) et pour les personnes œuvrant dans les industries dont les activités se déroulent principalement à l'extérieur (les résultats sur l'industrie s'appliquent au Québec et à l'Alberta, provinces pour lesquelles l'information sur le secteur a été analysée).

Par ailleurs, considérant le réchauffement climatique projeté à l'horizon 2050, cette étude a estimé une hausse future préoccupante du nombre quotidien de problèmes de santé liés à la chaleur qui seraient acceptés par les commissions d'indemnisation en lien avec l'exposition à des températures élevées. Sous un scénario optimiste (RCP4.5), les hausses projetées de la température T_{\max} d'un jour en été entre les périodes de référence et future seraient accompagnées d'une augmentation de 73 à 95 %, selon la province, du nombre de problèmes de santé liés à la chaleur. Cette augmentation serait de 81 à 113 % avec l'indicateur WBGT_{max}. Sous un scénario pessimiste (RCP8.5), l'augmentation du nombre quotidien de problèmes de santé liés à la chaleur serait entre 110 et 139 % (T_{\max}) et entre 121 et 165 % (WBGT_{max}), selon la province, à l'horizon 2050. Appliqué à la province de Québec, le nombre de ces problèmes de santé liés à la chaleur par année durant la période estivale passerait de 21 au temps de référence à 39 au temps futur sous un scénario optimiste et à 47 sous un scénario pessimiste (modèles T_{\max}).

4.2 Comparaisons avec la littérature

Peu d'études ont quantifié la relation entre les températures extérieures estivales et la morbidité parmi les travailleurs et travailleuses. Les augmentations estimées pour le Québec pour la période 2001-2016 dans cette étude sont semblables à celles qui ont été estimées dans deux études antérieures des auteurs pour des périodes plus courtes (Adam-Poupart *et al.*, 2014; 2015a, b). Dans ces études, qui utilisaient une méthodologie semblable à celle-ci, une augmentation de 42 % du nombre de problèmes de santé liés à la chaleur a été estimée par 1 °C d'augmentation de la température maximale estivale pour la période 1998-2010 (Adam-Poupart *et al.*, 2014). Une

augmentation de 0,2 % du nombre de blessures traumatiques professionnelles a été estimée pour la période 2003-2010 (Adam-Poupart *et al.*, 2015a). Aucun écart n'avait été noté entre les sexes et les groupes d'âge concernant la relation entre la température et les problèmes de santé liés à la chaleur (peut-être en raison du petit nombre de cas dans la catégorie des 15-24 ans) (Adam-Poupart *et al.*, 2014). Mais des écarts étaient démontrés pour les blessures traumatiques : les hommes avaient des ratios de risque (RTI) plus élevés que les femmes; les personnes plus jeunes (15-24 ans) avaient des ratios de risque plus élevés que les personnes plus âgées (Adam-Poupart *et al.*, 2015a). La présente étude réplique l'ensemble de ces résultats pour le Québec sur une période plus longue et met en évidence des constats semblables dans les quatre autres provinces évaluées.

Dans la région métropolitaine d'Adélaïde en Australie du Sud, Xiang *et al.* (2015) ont estimé une augmentation de 12,7 % (IC à 95 % : 6,7 - 19 %) du nombre journalier de problèmes de santé liés à la chaleur acceptés par la commission d'indemnisation de leur juridiction (« WorkCover SA ») pour chaque 1 °C d'augmentation de T_{max} au-dessus de 35,5 °C de 2001 à 2010. Les ratios de taux d'incidence n'ont pas été estimés selon le sexe et l'âge. Certaines industries affichaient des taux d'incidence plus importants que d'autres, notamment l'industrie minière (18,9 cas par 100 000 employés), l'électricité, gaz et eau (9,2 cas par 100 000 employés), l'administration publique (8,8 cas par 100 000 employés) et la construction (6,8 cas par 100 000 employés).

En Ontario, Fortune *et al.* (2013) ont montré que les hommes et les travailleurs les plus jeunes (15-24 ans) affichaient les taux d'incidence les plus élevés de problèmes de santé liés à la chaleur indemnisés par le WSIB pour la période de janvier 2004 à décembre 2010. C'était aussi le cas pour les visites au département d'urgence en raison de ces problèmes de santé liés à la chaleur. Par exemple, les auteurs ont estimé un taux chez les hommes de 1,9 cas indemnisés par million de travailleurs équivalent temps complet (ETC)-mois (IC à 95 % : 1,7 - 2,1) comparé à un taux de 1,4 cas par million de travailleuses ETC-mois (IC à 95 % : 1,2 - 1,6). Pour les visites à l'urgence, les taux correspondants étaient de 2,2 chez les hommes (IC à 95 % : 2,0 - 2,4) et de 0,8 chez les femmes (IC à 95 % : 0,7 - 0,9). Ces auteurs ont également montré que les cas indemnisés pour un problème de santé lié à la chaleur étaient surreprésentés au sein de l'administration publique, l'agriculture et la construction par rapport aux cas indemnisés pour toute autre cause, d'un facteur de 1,4 à 2,3 (taux de morbidité proportionnelle, « proportionate morbidity ratio »).

Dans notre étude, les résultats ne permettaient pas de conclure de façon définitive quant aux écarts de risque de problèmes de santé liés à la chaleur selon différents sous-groupes. Pour certaines comparaisons, cela était dû en partie au faible nombre de cas (ex. : 47 cas au Québec dans le groupe 15-24 ans, tableau 1). Les ratios de risque des femmes québécoises semblaient être supérieurs à ceux des hommes québécois, mais les IC associés à ces estimations se chevauchaient, tant dans les modèles basés sur T_{max} que dans les modèles basés sur $WBGT_{max}$. Au Manitoba, le petit nombre de cas pour les strates sexe et âge n'a pas permis de réaliser ces analyses stratifiées. Dans la littérature, une revue systématique portant sur les membres des forces armées a suggéré que l'incidence d'insolations était légèrement plus importante chez les hommes (0,22 à 0,48 cas par 1 000 personnes-années) que les femmes (0,10 à 0,26 cas par 1 000 personnes-années). L'inverse semblait être vrai pour les autres problèmes de santé liés à la chaleur, mais la variabilité associée aux estimations ne permet pas de conclure de façon définitive quant à ces écarts (hommes : 0,98 à 1,98 c. femmes : 1,30 à 2,89 cas par 1 000 personnes-années) (Alele *et al.*, 2020). Les écarts, si présents, pourraient être attribués à la différence entre les expositions des militaires hommes et femmes, les femmes étant exclues des postes de combat aux États-Unis jusqu'en 2013, comme l'ont souligné les auteurs (la plupart de leurs études portaient sur les forces armées américaines). Dans des études de laboratoire de la réponse physiologique au stress thermique, lorsque l'on tient compte de facteurs comme la masse musculaire ou la surface corporelle, la fonction cardiovasculaire ou l'état

d'acclimatation, les écarts selon le sexe et l'âge ont tendance à disparaître (Kenney et Munce, 2003; Notley *et al.*, 2017). Les variables sexe et âge pourraient ainsi jouer un rôle de proxy des facteurs qui influencent cette réponse physiologique ou certaines de ses composantes (ex. : certaines réponses cutanées vasomotrices et sudomotrices, les conditions expérimentales utilisées pour les étudier pouvant influencer leur mise en évidence, Gagnon et Kenney, 2012; Meade *et al.*, 2020). D'autres études sont nécessaires pour mieux comprendre le risque d'un problème de santé lié à la chaleur selon le sexe, l'âge et d'autres sous-groupes, intégrant des analyses plus raffinées de l'exposition à la chaleur selon des conditions de travail et des tâches précises et en tenant compte de caractéristiques personnelles (ex. : maladies chroniques, prise de médicaments, historique d'insolation, indice de masse corporelle, etc.).

En ce qui concerne les blessures traumatiques, les ampleurs d'effet que nous avons rapporté et les différences selon les sous-groupes s'alignent avec les résultats dans la littérature. Xiang *et al.* (2014a) ont estimé une augmentation de 0,2 % du nombre journalier de blessures acceptées par « WorkCover SA » pour chaque 1 °C d'augmentation de T_{max} entre 14,2 °C et 37,7 °C pour la période chaude 2001-2010. Tout comme dans notre étude, ces auteurs ont montré que les associations entre la température et le nombre de blessures indemnisées étaient plus fortes chez les hommes que chez les femmes, chez les personnes plus jeunes (moins de 25 ans) et chez celles qui travaillaient dans les industries où le travail est accompli principalement à l'extérieur. Un classement similaire des industries dans les catégories « extérieures » et « intérieures » à celui de notre étude avait été utilisé (les industries « extérieures » incluaient l'agriculture, foresterie et pêche, la construction, ainsi que l'électricité, gaz et eau; les réclamations du secteur minier étaient par contre exclues des analyses).

En accord avec ces résultats, une méta-analyse par Binazzi *et al.* (2019) portant sur six études de séries chronologiques et de cas croisés publiées entre 2000 et 2018 sur des travailleurs et travailleuses au Canada (Québec), aux États-Unis, en Australie, en Espagne, en Italie et en Chine a rapporté une estimation globale de l'augmentation du risque relatif de blessure professionnelle de 1,005 (IC à 95 % : 1,001 – 1,009) par 1 °C d'augmentation de la température maximale quotidienne durant les mois chauds (l'exposition thermique avait été mesurée selon différents indicateurs dans les études individuelles, entre autres avec T_{max} , $WBGT_{max}$ et $humidex_{max}$). Dans des analyses de sous-groupe, les auteurs ont rapporté un risque relatif plus élevé pour les hommes, les jeunes de moins de 25 ans et les travailleurs ou travailleuses en agriculture, quoique ces résultats n'étaient pas statistiquement significatifs.

Dans une étude publiée après la méta-analyse de Binazzi et ses collègues, Calkins *et al.* (2019) ont rapporté une augmentation de la probabilité de blessure de 0,5 % (IC à 95 % : 0,3 - 0,7 %), en termes de rapports de cote (RC), par 1 °C additionnel de $humidex_{max}$ chez les travailleurs de la construction de l'État de Washington pendant la période chaude 2000-2012. Pour la main-d'œuvre agricole, Spector et ses collègues (2019), dans leur revue narrative, ont décrit une augmentation de la probabilité de blessure (RC) se situant autour de 14 % (deux études), les plages de valeurs possibles allant de 1 à 27 % pour $T_{max} > 95e$ percentile (c. $T_{max} < 75e$ percentile) ou pour différentes catégories de $humidex_{max}$ au-dessus de 25 °C (c. $humidex_{max} < 25$ °C).

Les écarts d'une industrie à l'autre quant au risque de blessure traumatique pourraient être le reflet de différences en matière d'exposition à des dangers pouvant poser des risques sanitaires, mais également de divergences sur le plan des mesures de prévention et de la culture d'entreprise face à la santé et la sécurité au travail (Spector *et al.*, 2019). Les écarts selon le sexe et l'âge ont déjà été documentés. Le taux d'incidence de blessure des travailleurs jeunes (15-24 ans) était le double de celui des travailleurs de 25 ans et plus, respectivement 5,0 et 2,4 blessures traitées à l'urgence par 100 travailleurs ETC (CDC, 2010). Tout comme pour les travailleurs plus âgés, chez les travailleurs

jeunes, les hommes avaient des taux d'incidence de blessures plus élevés que les femmes (CDC, 2010). Cela pourrait s'expliquer par la prédominance masculine au sein d'industries comportant des risques accrus de blessure, par exemple en foresterie, construction et exploitation minière. Au Québec, les hommes prédominent dans les groupes de secteurs 1, 2 et 3 dans une proportion allant de 67 à 70 % (les groupes 1, 2 et 3 réfèrent aux secteurs primaires, sauf l'agriculture, et certains secteurs manufacturiers; ce regroupement est propre au Québec). La proportion d'hommes ayant subi une fracture, coupure ou autre blessure attribuée au travail dans ces groupes de secteurs était plus importante que celle d'hommes œuvrant dans les groupes de secteurs 4, 5 et 6 (secteurs des services, ex. : commerce, santé, enseignement), selon une analyse des données de l'Enquête québécoise sur la santé de la population (EQSP) 2014-2015 (Stock, Nicolakakis *et al.*, 2020). Les différences selon l'âge pourraient elles aussi refléter une répartition disproportionnée des personnes plus jeunes dans certaines industries comportant un risque plus important de blessure. Elles pourraient également traduire des lacunes au niveau de la formation en santé et sécurité de ces travailleurs moins expérimentés, ou encore, une perception du risque moindre et une adhésion sous-optimale aux règles de santé et de sécurité chez la main-d'œuvre plus jeune (Spector *et al.*, 2019).

Aucune autre étude n'a estimé le nombre de lésions professionnelles anticipées dans une période du futur proche (2041-2060) chez les travailleurs et travailleuses en tenant compte du réchauffement climatique projeté. Martin *et al.* (2012) ont modélisé la mortalité future liée aux températures chaudes et froides dans 15 villes canadiennes, pour la population générale, sans tenir compte des activités professionnelles. Quelques études ont estimé les pertes de productivité futures (revu dans Kjellstrom *et al.*, 2016). Par exemple, Dunne *et al.* (2013) ont modélisé la diminution de la capacité future des individus à travailler pendant les périodes de stress thermique dans différentes régions de la planète (à l'aide de l'indicateur WBGT). Une réduction à l'échelle globale d'environ 10 % de la capacité de travail de la main-d'œuvre a été estimée en 2050 sous les scénarios optimiste (RCP4.5) et pessimiste (RCP8.5).

4.3 Considérations méthodologiques

Les résultats de cette étude devraient être interprétés à la lumière des considérations méthodologiques suivantes. Tout d'abord, l'utilisation des données d'indemnisation peut mener à une sous-estimation de l'incidence et de l'ampleur des lésions professionnelles, en raison de la sous-déclaration de ces lésions par les travailleurs et travailleuses aux commissions d'indemnisation; ceci a été documenté dans différentes juridictions (Stock *et al.*, 2014; Groenewold et Baron, 2013; Cloutier *et al.*, 2011; Dong *et al.*, 2011; Luckhaupt et Calvert, 2010; Safe Work Australia, 2009; Alamgir *et al.*, 2006). La proportion de salariés québécois qui ont soumis une demande d'indemnisation pour une blessure traumatique était de 67 % selon l'Enquête québécoise sur des conditions de travail, d'emploi, de santé et de sécurité du travail (EQCOTESST) de 2007-2008 (Cloutier *et al.*, 2011). En Australie, il a été estimé que 62 % de l'ensemble des blessures et maladies professionnelles n'avaient pas fait l'objet d'une demande d'indemnisation (Safe Work Australia, 2009).

Les problèmes de santé liés à la chaleur en particulier pourraient être mal diagnostiqués ou leur lien avec le travail non perçu par les salariés. Un tel manque de reconnaissance pourrait contribuer à une sous-déclaration et, conséquemment, une sous-estimation. D'autres raisons expliquant la sous-déclaration des lésions professionnelles incluent l'impression que le problème n'est pas assez grave ou qu'on n'est pas couvert par le régime de santé et de sécurité, les difficultés associées au processus de réclamation et la peur de conséquences négatives sur le statut d'emploi actuel et futur (Stock *et al.*, 2014; Safe Work Australia, 2009; Azaroff *et al.*, 2002). Certains employeurs peuvent contester les réclamations, afin de maintenir leur cotisation au régime de santé et de sécurité à un niveau plus bas, ce qui peut constituer un obstacle à la déclaration chez les employés qui en sont

conscients (Confédération des syndicats nationaux (CSN), 2020; Lippel, 2012; 2009). Ce serait davantage le cas pour les employés qui ne jouissent pas de la protection d'un syndicat et qui pourraient ignorer leurs droits à la réparation par rapport aux employés syndiqués (Morse *et al.*, 2003). Ainsi, une sensibilisation accrue des employés à leurs droits et aux procédures relatives à la réparation, et une sensibilisation accrue des médecins traitants à ces enjeux (le rapport du médecin établit l'origine professionnelle de la lésion et entame souvent le processus d'indemnisation au Québec et ailleurs au Canada) permettrait d'éviter la souffrance inutile et le transfert des coûts des lésions indemnisables au système de santé et aux travailleuses et travailleurs eux-mêmes (Stock *et al.*, 2014). D'autre part, une surveillance améliorée des lésions professionnelles liées à la chaleur, notamment par leur intégration dans les enquêtes de santé populationnelles mandatées par les instances gouvernementales, permettrait d'apprécier de manière plus juste l'ampleur de ces problèmes de santé au sein de la population en emploi et de mieux préciser les besoins en matière de prévention.

Le choix d'analyser uniquement les lésions reconnues à titre d'accident de travail a pu contribuer à une légère sous-estimation de l'incidence des problèmes de santé liés à la chaleur qui ont pu être reconnus à titre de maladie professionnelle par les commissions d'indemnisation. Au Québec, il y a raison de croire que cela ne devrait concerner qu'une très faible proportion des problèmes de santé liés à la chaleur. En effet, la quasi-totalité d'autres types de problèmes, comme les troubles musculo-squelettiques d'origine non traumatique, sont classés comme accidents de travail au Québec et cela pourrait être le cas pour les problèmes de santé liés à la chaleur, qui se manifestent très rapidement lors de stress dû à la chaleur. Pour la Saskatchewan, qui ne retient pas cette distinction dans ses pratiques d'indemnisation, et pour l'Ontario, qui reconnaît la majorité des lésions comme maladies professionnelles, des erreurs de classification de l'exposition des individus sont possibles si la date de survenue de la lésion inscrite au dossier est celle du diagnostic, et non pas celle de la journée où la lésion s'est produite. Si par exemple la date du diagnostic était une journée plus froide que la date à laquelle le problème de santé lié à la chaleur s'est manifesté, les associations température-santé pourraient avoir été quelque peu sous-estimées pour ces provinces. Mais il semble peu probable que ce phénomène se soit produit de façon systématique.

D'autre part, il est possible que des individus aient subi une lésion professionnelle à un autre endroit qu'à l'établissement de leur employeur, ce qui est d'autant plus probable pour les individus qui réalisent leur travail loin de l'établissement (ex. : industrie du transport). Les fichiers des lésions professionnelles fournissent les codes postaux des établissements auxquels étaient rattachés les employés au moment de la lésion, à l'exception des fichiers de la Saskatchewan qui contenaient pour certaines lésions le code postal du lieu d'occurrence de la lésion. Nous nous attendons à ce que des erreurs possibles de classement de l'exposition, notamment pour certaines industries, aient eu un impact minime sur les résultats, puisque les analyses principales portaient sur l'ensemble des industries, et qu'en Alberta et au Québec, les analyses stratifiées selon l'industrie ont reposé sur de grands regroupements d'industries « extérieures » et « intérieures ».

L'exposition thermique a été estimée à l'échelle régionale et les conditions précises qui prévalaient au moment d'une blessure ou de la survenue d'un problème de santé ne sont pas connues. À titre d'exemple, la présence de climatisation dans le milieu de travail, la localisation de l'individu (à l'extérieur ou à l'intérieur de l'établissement), le port d'équipement de protection individuelle et le niveau d'effort déployé lors de l'exécution des tâches au moment de la blessure ou la manifestation d'un problème de santé sont tout simplement inconnus. De plus, l'information sur des caractéristiques personnelles pouvant influencer les problèmes de santé liés à la chaleur (maladies chroniques, prise de médicaments, historique d'insolation, indice de masse corporelle,

consommation d'alcool, etc.) n'est pas disponible dans les bases de données administratives et n'a pu être considérée dans les analyses.

De façon générale, les constats de l'étude étaient similaires, peu importe l'indicateur d'exposition thermique utilisé, soit T_{max} , ajustant les modèles pour l'humidité relative ou $WBGT_{max}$, qui tient compte de l'humidité et qui sert d'indicateur du stress thermique. Pour certaines provinces (Ontario, Saskatchewan, Alberta), l'association entre la température et les problèmes de santé liés à la chaleur était plus forte dans les modèles $WBGT_{max}$, mais ceci n'était pas observé pour les régions économiques de ces provinces. Il en est de même pour l'association température-blessures en Saskatchewan. Des études qui comparent les relations température-santé obtenues selon différents indicateurs d'exposition thermique permettraient de mieux comprendre le comportement de ces indicateurs et leur impact sur les résultats escomptés.

Enfin, les projections du nombre de problèmes de santé liés à la chaleur présument que les populations à l'étude n'évolueront pas entre les périodes de référence et future, ce qui représente assurément une simplification de la réalité. De plus, tout comme pour les analyses de la période 2001-2016, plusieurs facteurs conjoncturels, contextuels et personnels pouvant influencer la survenue de ces problèmes de santé à l'horizon 2050 n'ont pas été intégrés dans les projections. Des changements législatifs, comme la modernisation du régime de santé et de sécurité du travail en cours au Québec (ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale, 2020), l'évolution des pratiques de reconnaissance des lésions professionnelles, ainsi que l'évolution du marché du travail pourraient avoir un impact important sur ces projections.

5 Conclusion

Cette étude sur cinq provinces canadiennes de la relation entre la température estivale et la santé des travailleurs et travailleuses a généré des connaissances inédites pouvant orienter les décideurs et les parties prenantes de la prévention de la morbidité professionnelle. Elle a montré, sur une période de 16 ans, que chaque 1 °C d'augmentation de la température maximale quotidienne en été était accompagné d'une augmentation de 28 à 51 % (selon la province et l'indicateur d'exposition thermique) du nombre journalier de problèmes de santé liés à la chaleur et de 0,2 à 0,6 % (selon la province et l'indicateur d'exposition thermique) du nombre quotidien de blessures traumatiques acceptées par les commissions d'indemnisation. De plus, elle a montré que le risque de blessure traumatique par 1 °C supplémentaire par jour était plus important chez les hommes et pour la main-d'œuvre plus jeune (15-24 ans). Au Québec et en Alberta, où l'information sur les industries a pu être analysée, ce risque de blessure était plus important chez les personnes œuvrant dans les industries dont les activités se déroulent principalement à l'extérieur plutôt qu'à l'intérieur. Rappelons que les comparaisons interprovinciales n'étaient pas possibles en raison de divergences législatives et administratives entre les régimes de santé et de sécurité. Néanmoins, les grands constats de l'étude sont similaires d'une province à l'autre.

Ces résultats soulignent la vulnérabilité de la main-d'œuvre canadienne à la chaleur et le besoin de poursuivre et d'améliorer les efforts de prévention. Par exemple, il faudrait s'assurer d'une formation adéquate de la main-d'œuvre en santé et sécurité au travail, incluant la main-d'œuvre plus jeune. Il faudrait également promouvoir et soutenir l'élaboration et la mise en œuvre de plans d'action par les milieux de travail pour évaluer et limiter la contrainte thermique de leur personnel lors de journées chaudes, s'assurant notamment d'une application appropriée de l'alternance travail-repos et de la consommation d'eau (CNESST 2020; Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, 2019). Des études en contexte de travail réel sont également requises afin d'identifier les interventions démontrées efficaces contre l'astreinte thermique en milieu de travail, les connaissances actuelles provenant surtout d'études de laboratoire de la performance athlétique ou d'études sur seulement quelques professions (ex. : pompiers) (Morris *et al.* 2020).

De plus, cette étude présente, pour la première fois, des projections chez les travailleurs et travailleuses du nombre quotidien de problèmes de santé liés à la chaleur qui pourraient être acceptés à l'horizon 2050, compte tenu du réchauffement climatique projeté. Des hausses préoccupantes du nombre quotidien de ces problèmes de santé ont été estimées, se situant entre 73 et 113 % (selon la province et l'indicateur d'exposition thermique) sous un scénario optimiste (RCP4.5) et entre 110 et 165 % sous un scénario pessimiste (RCP8.5). Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, si le taux du réchauffement de la planète se maintient, une hausse de la température globale de 1,5 °C serait atteinte en 2040 (par rapport à l'ère préindustrielle 1850-1900) (Allen *et al.*, 2018). Cette hausse aurait des conséquences négatives sur les écosystèmes, les ressources naturelles et la santé humaine. Outre les effets sur la mortalité et la morbidité liées à la chaleur (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2018), des répercussions diverses sur la santé et la sécurité des travailleurs et travailleuses seraient à anticiper (Adam-Poupart *et al.*, 2013). On peut penser, par exemple, à l'augmentation du risque de certaines zoonoses et maladies dont les vecteurs s'étendraient vers de plus hautes latitudes (Adam-Poupart *et al.*, 2021; Hoegh-Guldberg *et al.*, 2018), aux effets sur la santé mentale des producteurs agricoles confrontés aux impacts des sécheresses (Austin *et al.*, 2018) et aux impacts psychologiques sur les intervenants et premiers répondants impliqués lors de sinistres de plus en plus fréquents (ex. : feux de forêt, inondations) (Adam-Poupart *et al.*, 2020; Biggs *et al.*, 2014; West *et al.*, 2008).

Nos résultats relatifs aux projections revêtent une grande importance en termes de prévention puisqu'ils permettraient une sensibilisation plus ciblée et la mobilisation des législateurs, de la communauté de chercheurs et des principaux acteurs. Manifestement, les changements climatiques sont des enjeux majeurs de santé publique, qui requièrent l'élaboration d'actions concertées visant à réduire, à défaut d'éliminer, de nombreux risques potentiels. Les projections du nombre de problèmes de santé liés à la chaleur dans cette étude étant basées sur les programmes et stratégies actuelles de prévention et ces problèmes de santé étant souvent évitables, il est aisé de penser que les gains découlant de telles actions seraient importants.

Références

- Adam-Poupart A, Drapeau LM, Bekal S, Germain G, Irace-Cima A, Sassine MP, Simon A, Soto J, Thivierge K, Tissot F. Professions à risque pour l'acquisition des zoonoses d'importance pour la santé publique au Québec. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2021; 47(1) : 56–67. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v47i01a08f>.
- Adam-Poupart A, Labrèche F, Busque MA, *et al.* Température estivale, concentrations d'ozone et lésions professionnelles acceptées au Québec. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. 2015b. Rapport R-872. ISBN : 978-2-89631-799-8.
- Adam-Poupart A, Labrèche F, Smargiassi A, *et al.* Climate change and occupational health and safety in a temperate climate: potential impacts and research priorities in Quebec, Canada. *Industrial Health* 2013; 51 : 68–78.
- Adam-Poupart A, Pouliot L, Deger L, Sassine MP, Boivin M. 2020. Impacts psychosociaux négatifs des vagues de chaleur, des inondations, des feux de forêt et des tempêtes chez les travailleurs du Québec. Rapport scientifique. Institut national de santé publique du Québec. [En ligne] : <https://www.inspq.qc.ca/publications/2643>. ISBN (électronique) : 978-2-550-85928-4
- Adam-Poupart A, Smargiassi A, Busque MA, *et al.* Summer outdoor temperature and occupational heat-related illnesses in Quebec (Canada). *Env Res* 2014; 134 : 339-44.
- Adam-Poupart A, Smargiassi A, Busque MA, *et al.* Effect of summer outdoor temperatures on work-related injuries in Quebec (Canada). *Occup Environ Med* 2015a; 72 (5) : 338-45.
- Alamgir H, Koehoorn M, Ostry A, Tompa E, Demers PA. How many work-related injuries requiring hospitalization in British Columbia are claimed for workers' compensation? *Am J Ind Med* 2006; 49 (6) : 443-451.
- Alberta Queen's Printer. Workers' Compensation Act, Revised Statutes of Alberta 2000, Chapter W-15. À jour le 22 juillet 2020. [Accessible au] : https://www.qp.alberta.ca/1266.cfm?page=W15.cfm&leg_type=Acts&isbncln=9780779814497.
- Alele F, Malau-Aduli B, Malau-Aduli A, Crowe M. Systematic review of gender differences in the epidemiology and risk factors of exertional heat illness and heat tolerance in the armed forces. *BMJ Open* 2020; 10 : e031825. doi:[10.1136/bmjopen-2019-031825](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-031825).
- Allen MR, Dube OP, Solecki W, *et al.* 2018 : Framing and Context. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner H-O (eds)]. In Press.
- American College of Sports Medicine. Prevention of thermal injuries during distance running. Position stand. *American College of Sports Medicine. The Medical Journal of Australia* 1984; 141 (12-13) : 876–879.
- Association des commissions des accidents du travail du Canada. Étendue de la couverture – Industries et emplois. 2016. [En ligne] : http://awcbc.org/wp-content/uploads/2014/02/F_Industries_Occupations_Covered.pdf.
- Austin EK, Handley T, Kiem AS, *et al.* Drought-related stress among farmers: findings from the Australian Rural Mental Health Study. *MJA* 2018; 209 (4) : 159-165.

Australian Government Bureau of Meteorology. Thermal comfort observations. 2010. [Page web] : http://bom.gov.au/info/thermal_stress. Dernière mise à jour : 5/2/2010.

Azaroff LS, Levenstein C, Wegman DH. Occupational injury and illness surveillance: conceptual filters explain underreporting. *Am J Public Health* 2002; 92 (9) : 1421-1429.

Basu R, Samet JM. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiol Rev* 2002; 24 : 190–202. doi: [10.1093/epirev/mxf007](https://doi.org/10.1093/epirev/mxf007).

Biggs A, Brough P, Barbour JP. Exposure to extraorganizational stressors: impact on mental health and organizational perceptions for police officers. *International Journal of Stress Management* 2014; 21 (3) : 255-282. <http://dx.doi.org/10.1037/a0037297>.

Binazzi A, Levi M, Bonafede M, *et al.* Evaluation of the impact of heat stress on the occurrence of occupational injuries: meta-analysis of observational studies. *Am J Ind Med* 2019; 62 : 233–243. doi:[10.1002/ajim.22946](https://doi.org/10.1002/ajim.22946).

Calkins MM, Bonauto D, Hajat A, *et al.* A case-crossover study of heat exposure and injury risk among outdoor construction workers in Washington State. *Scand J Work Environ Health* 2019; 45 (6) : 588-599. doi:[10.5271/sjweh.3814](https://doi.org/10.5271/sjweh.3814).

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Heat-related deaths among crop workers -- United States, 1992–2006. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 2008; 57 (24) : 649-653. [En ligne] : <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5724a1.htm>.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Occupational injuries and deaths among younger workers—United States, 1998–2007. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 2010; 59 (15) : 449–455. [En ligne] : <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5915a2.htm>.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Heat Illness and Death Among Workers — United States, 2012–2013. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 2014; 63 (31) : 661-665. [En ligne] : <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6331a1.htm>.

Cloutier E, Duguay P, Vézina S, Prud'homme P. Accidents du travail. Dans : Vézina M, Cloutier E, Stock S, *et al.* Enquête québécoise sur des conditions de travail, d'emploi, de santé et de sécurité du travail (EQCOTESST). Québec, Montréal : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail, Institut national de santé publique du Québec, Institut de la statistique du Québec; 2011:531-590. Document R-691.

Collins M, Knutti R, Arblaster J, *et al.* Chapter 12 - Long-Term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: *Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [En ligne] : <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.

Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST). La planification des travaux en prévision des vagues de chaleur. 2020. [En ligne] : <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/fr/organisation/documentation/formulaires-publications/planification-travaux-en-prevision-vagues-chaleur>.

Confédération des syndicats nationaux (CSN). 2020. Une réforme législative plus que nécessaire. [En ligne] : <https://www.csn.qc.ca/actualites/une-reforme-legislative-plus-que-necessaire/>.

Dong XS, Fujimoto A, Ringen K, *et al.* Injury underreporting among small establishments in the construction industry. *Am J Ind Med* 2011; 54 (5) : 339-349.

Dunne JP, Stouffer RJ, John JG. Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming. *Nature Climate Change* 2013; 3 : 563–566.

Erdman D, Jackson L, Sinko A. Zero-inflated poisson and zero-inflated negative binomial models using the COUNTREG Procedure. Paper 3778-2008. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Fortune M, Mustard C, Brown P. The use of Bayesian inference to inform the surveillance of temperature-related occupational morbidity in Ontario, Canada, 2004–2010. *Env Res* 2014; 132 : 449–456. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2014.04.022>.

Fortune MK, Mustard CA, Etches JJC, *et al.* Work-attributed illness arising from excess heat exposure in Ontario, 2004–2010. *Can J Public Health* 2013; 104 (5) : e420-e426.

Gagnon D, Kenny GP. Does sex have an independent effect on thermoeffector responses during exercise in the heat? *The Journal of Physiology* 2012; 590 (23) : 5963-5973. doi:[10.1113/jphysiol.2012.240739](https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.240739).

Gasparri A, Guo Y, Hashizume M, *et al.* Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet* 2015; 386 : 369–375.

Gauer R, Meyers BK. Heat-related illnesses. *Am Fam Physician* 2019; 99 (8) : 482-489.

Giorgi F, Jones C, Asrar GR. Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *World Meteorological Organization (WMO) Bulletin* 2009; 58 (3) : 175-183.

Groenewold MR, Baron SL. The Proportion of work-related emergency department visits not expected to be paid by workers' compensation: implications for occupational health surveillance, research, policy, and health equity. *Health Serv Res* 2013; 48 (6 Pt 1) :1939–1959. doi: [10.1111/1475-6773.12066](https://doi.org/10.1111/1475-6773.12066).

Hajat S, O'Connor M, Kostasky T. Health effects of hot weather: from awareness of risk factors to effective health protection. *Lancet* 2010; 375 : 856–63. doi:[10.1016/S0140-6736\(09\)61711-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61711-6).

Hoegh-Guldberg O, Jacob D, Taylor M, *et al.* 2018 : Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.* [Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner H-O, *et al.* (eds)]. In Press.

Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Utilitaires pour la contrainte thermique due à la chaleur en milieu de travail. 2019. Page web : <https://www.irsst.qc.ca/prevenir-coup-chaleur-travail/>.

International Labour Organization (ILO), 2016. Climate Change and Labour: Impacts of Heat in the Workplace. [En ligne] : http://www.ilo.org/global/topics/green-jobs/publications/WCMS_476194/lang-en/index.htm. Dernière consultation 8 septembre 2017.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013 : Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker TF, D Qin, G-K Plattner, M Tignor, SK Allen, J Boschung, A Nauels, Y Xia, V Bex and PM Midgley (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [En ligne] : <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.

Kaufman JS, MacLehose RF. Which of these things is not like the others? *Cancer* 2013; 119 : 4216–4222.

Kenney LW, Munce TA. Physiology of Aging. Invited Review: Aging and human temperature regulation. *J Appl Physiol* 2003; 95 : 2598–2603. doi:[10.1152/jappphysiol.00202.2003](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00202.2003).

Kjellstrom T, Briggs D, Freyberg C, Lemke B, Otto M, Hyatt O. Heat, human performance, and occupational health: a key issue for the assessment of global climate change impacts. *Annu Rev Public Health* 2016; 37 : 97–112. doi: [10.1146/annurev-publhealth-032315-021740](https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032315-021740).

Knutti R, Masson D, Gettelman A. Climate model genealogy: generation CMIP5 and how we got there. *Geophysical Research Letters* 2013; 40 (6) : 1194–1199. doi:[10.1002/grl.50256](https://doi.org/10.1002/grl.50256).

Lebel G, Bustinza R, Dubé M. Analyse des impacts des vagues régionales de chaleur extrême sur la santé au Québec de 2010 à 2015. Institut national de santé publique du Québec. 2017. 26 pages. [En ligne] : <https://www.inspq.qc.ca/bise/analyse-des-impacts-des-vagues-regionales-de-chaleur-extreme-sur-la-sante-au-quebec-de-2010-2015>.

Législation manitobaine. Loi sur les accidents du travail, c. W200 de la C.P.L.M. À jour le 30 novembre 2020. Accessible au : http://web2.gov.mb.ca/laws/statutes/index_ccsm.fr.php.

LégisQuébec. Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles, chapitre A-3.001. À jour le 14 juin 2020. Accessible au : <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/A-3.001>.

Liebmann B, Dole RM, Jones C, Bladé I, Allured D. Influence of Choice of Time Period on Global Surface Temperature Trend Estimates. *Bulletin of the American Meteorological Society* 2010;91(11):1485–1492. doi:[10.1175/2010BAMS3030.1](https://doi.org/10.1175/2010BAMS3030.1).

Lippel K. Preserving workers' dignity in workers' compensation systems: an international perspective *American Journal of Industrial Medicine* 2012; 55 : 519-536.

Lippel K. Le droit québécois et les troubles musculosquelettiques : règles relatives à l'indemnisation et à la prévention. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé* 2009; 11 (2) : 37.

Luckhaupt SE, Calvert GM. Work-relatedness of selected chronic medical conditions and workers' compensation utilization: National Health Interview Survey occupational health supplement data. *American Journal of Industrial Medicine* 2010; 53 : 1252-1263.

Martin SL, Cakmak S, Hebbern CA, Avramescu ML, Tremblay N. Climate change and future temperature-related mortality in 15 Canadian cities. *Int J Biometeorol* 2012; 56 : 605–619. doi:[10.1007/s00484-011-0449-y](https://doi.org/10.1007/s00484-011-0449-y).

Meade RD, Akerman AP, Notley SR, *et al.* Physiological factors characterizing heat-vulnerable older adults: A narrative review. *Environment International* 2020; 144 : 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105909>.

Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale. Projet de loi modernisant le régime de santé et de sécurité du travail - Le ministre Jean Boulet dépose un projet de loi visant à réformer le régime de santé et de sécurité du travail. 27 octobre 2020. Accessible au : <https://www.quebec.ca/nouvelles/actualites/details/projet-de-loi-modernisant-le-regime-de-sante-et-de-securite-du-travail-le-ministre-jean-boulet-depos/>.

Morris NB, Jay O, Flouris AD *et al.* Sustainable solutions to mitigate occupational heat strain – an umbrella review of physiological effects and global health perspectives. *Environmental Health* 2020;19:95. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00641-7>.

Morse T, Punnett L, Warren N, Dillon C, Warren A. The relationship of unions to prevalence and claim filing for work-related upper-extremity musculoskeletal disorders. *American Journal of Industrial Medicine* 2003; 44 : 83-93.

Notley SR, Park J, Tagami K, Ohnishi N, Taylor NAS. Variations in body morphology explain sex differences in thermoeffector function during compensable heat stress. *Experimental Physiology* 2017; 102 (5) : 545-562. doi:[10.1113/EP086112](https://doi.org/10.1113/EP086112).

Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center (ORNL DAAC). 2019. Daymet: Daily Surface Weather Data on a 1-km Grid for North America, Version 3. [Page web] : https://daac.ornl.gov/cgi-bin/dsviewer.pl?ds_id=1328.

Parsons KC. 2003. Human thermal environments: the effect of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance. Taylor & Francis, New York.

Safe Work Australia. Work-related injuries in Australia, 2005-2006. Factors affecting applications for workers' compensation. Août 2009. [En ligne] : https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/work_related_injuries_2005_06_factors_affecting_application_wc.pdf.

Sansom PG, Stephenson DB, Christopher ATF. Simple uncertainty frameworks for selecting weighting schemes and interpreting multimodel ensemble climate change experiments. *Journal of Climate* 2013; 26 (12) : 4017-4037. doi: [10.1175/JCLI-D-12-00462.1](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00462.1).

Spector JT, Masuda YJ, Wolff NH, Calkins M, Seixas N. Heat exposure and occupational injuries: review of the literature and implications. *Curr Envir Health Rpt* 2019; 6 : 286-296. <https://doi.org/10.1007/s40572-019-00250-8>.

Statistique Canada. 2018a. Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) 2002. [Page web] : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p3VD_f.pl?Function=getVD&TVD=21823. Date de modification : 2018-03-26.

Statistique Canada. 2018 b. Région économique. Page principale du glossaire illustré. [Page web] : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/92-195-x/2011001/geo/er-re/er-re-fra.htm>. Date de modification : 2018-09-17.

Statistique Canada. 2019. Totalisation spéciale, à partir de l'Enquête sur la population active. [En ligne] : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/71M0001X>.

Stock S, Nicolakakis N (premières auteures), Tissot F, Turcot A, Vézina N, Vézina M, Baril-Gingras G, Nastasia I, Messing K, Gilbert L, Laberge M, Major ME. 2020. Inégalités de santé au travail entre les salariés visés et ceux non visés par les mesures préventives prévues par la Loi sur la santé et la sécurité du travail. Institut national de santé publique du Québec. 27 p. [En ligne] : <https://www.inspq.qc.ca/publications/2631>.

Stock S, Nicolakakis N, Raiq H, Messing K, Lippel K, Turcot A. Underreporting work absences for nontraumatic work related musculoskeletal disorders to workers' compensation: results of a 2007-2008 survey of the Quebec working population. *American Journal of Public Health* 2014; 104 : e94-101.

Taylor KE, Stouffer RJ, Meehl GA. An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society* 2012;93(4):485-498. doi:[10.1175/BAMS-D-11-00094.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1).

Thornton PE, Thornton MM, Mayer BW, *et al.* 2016. Daymet: Daily Surface Weather Data on a 1-Km Grid for North America, Version 3. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA. doi:[10.3334/ornlidaac/1328](https://doi.org/10.3334/ornlidaac/1328).

van Vuuren DP, Edmonds J, Kainuma M, *et al.* The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 2011;109(1-2):5–31. doi:[10.1007/s10584-011-0148-z](https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z).

West C, Bernard B, Mueller C, Kitt M, Driscoll R, Tak S. 2008. Mental health outcomes in police personnel after hurricane Katrina. *J Occup Environ Med* 2008; 50(6):689-95. doi:[10.1097/JOM.0b013e3181638685](https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3181638685).

Xiang J, Bi P, Pisaniello D, *et al.* Association between high temperature and work-related injuries in Adelaide, South Australia, 2001–2010. *Occup Environ Med* 2014a; 71:246–252. doi:[10.1136/oemed-2013-101584](https://doi.org/10.1136/oemed-2013-101584).

Xiang J, Bi P, Pisaniello D, *et al.* Health impacts of workplace heat exposure: an epidemiological review. *Ind Health* 2014b; 52 (2) : 91-101.

Xiang J, Hansen A, Pisaniello D, *et al.* Extreme heat and occupational heat illnesses in South Australia, 2001–2010. *Occup Environ Med* 2015; 72:580–586. doi:[10.1136/oemed-2014-102706](https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102706).

Zhang X, Flato G, Kirchmeier-Young M, *et al.* Les changements de température et de précipitations pour le Canada, chapitre 4 dans Rapport sur le climat changeant du Canada, E. Bush et D.S. Lemmen (éd), gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 2019, p. 113-193.

Annexe 1

Moyennes et étendues de températures maximales journalières T_{\max} et $WBGT_{\max}$ par province, 2001-2016

Tableau 12 Moyennes et étendues de températures maximales journalières T_{\max} et $WBGT_{\max}$, Québec 2001-2016

Région économique	T_{\max} Moyenne ^a (étendue)		$WBGT_{\max}$ Moyenne ^a (étendue)	
Gaspésie	18,1	(3,4; 29,5)	19,1	(7,9; 29,5)
Bas-Saint-Laurent	18,9	(5,2; 31,4)	19,2	(9,5; 28,8)
Capitale-Nationale	22,0	(5,2; 34,9)	21,7	(9,4; 33,8)
Chaudière-Appalaches	22,3	(4,8; 34,7)	21,8	(9,1; 34,1)
Estrie	22,7	(5,0; 33,2)	22,2	(9,3; 33,9)
Centre-du-Québec	22,8	(5,4; 33,8)	22,5	(9,5; 34,7)
Montérégie	23,7	(5,4; 35,1)	23,4	(9,8; 35,5)
Montréal	23,6	(5,7; 35,2)	23,4	(9,9; 35,8)
Laval	23,6	(5,9; 35,0)	23,5	(10,1; 35,8)
Lanaudière	23,7	(6,3; 35,0)	23,2	(10,3; 35,5)
Laurentides	23,5	(5,6; 34,9)	23,0	(9,9; 34,7)
Outaouais	23,8	(5,0; 36,1)	23,0	(9,4; 34,7)
Abitibi	20,9	(0,5; 36,0)	20,2	(6,2; 32,2)
Mauricie	22,6	(5,4; 34,4)	22,3	(9,5; 34,6)
Saguenay	21,1	(4,4; 36,0)	20,7	(8,5; 34,1)
QC Nord	17,2	(3,3; 29,6)	18,0	(8,4; 27,5)

^a Moyenne pondérée selon les tailles des populations de chaque code postal (à trois chiffres) de la région économique.

Tableau 13 Moyennes et étendues de températures maximales journalières T_{\max} et $WBGT_{\max}$, Ontario 2002-2017

Région économique	T_{\max} Moyenne ^a (étendue)		$WBGT_{\max}$ Moyenne ^a (étendue)	
Ottawa	23,6	(5,2; 35,4)	23,0	(9,2; 34,7)
Kingston-Pembroke	23,4	(6,7; 33,9)	22,9	(10,3; 34,4)
Muskoka-Kawartha	22,9	(6,6; 34,6)	22,3	(10,2; 35,6)
Toronto	23,7	(7,5; 36,6)	23,3	(10,6; 36,8)
Kitchener-Waterloo-Barrie	23,1	(6,3; 34,5)	22,4	(9,8; 35,7)
Hamilton-Niagara Peninsula	23,8	(7,9; 35,6)	23,5	(11,1; 36,0)
London	23,9	(6,2; 36,0)	23,3	(10,4; 36,1)
Windsor-Sarnia	24,7	(7,8; 36,0)	24,5	(11,2; 36,9)
Stratford-Bruce Peninsula	22,7	(4,9; 33,8)	22,4	(9,3; 35,3)
Nord-Est	21,5	(3,4; 34,3)	20,9	(8,0; 31,5)
Nord-Ouest	20,4	(1,0; 33,6)	20,0	(6,3; 29,7)

^a Moyenne pondérée selon les tailles des populations de chaque code postal (à trois chiffres) de la région économique.

Tableau 14 Moyennes et étendues de températures maximales journalières T_{max} et $WBGT_{max}$, Manitoba 2001-2016

Région économique	T_{max} Moyenne ^a (étendue)			$WBGT_{max}$ Moyenne ^a (étendue)		
Sud-Est	22,8	(1,7;	35,4)	21,8	(6,4;	34,6)
Centre Sud/Centre Nord	22,5	(1,0;	35,3)	21,6	(6,4;	33,2)
Sud-Ouest	22,6	(1,1;	39,0)	21,1	(6,2;	34,1)
Winnipeg	22,6	(0,5;	36,1)	21,7	(5,7;	35,0)
Interlake	22,4	(0,0;	36,4)	21,7	(5,7;	34,6)
Parklands et Nord	20,6	(0,2;	34,8)	19,7	(4,6;	31,8)

^a Moyenne pondérée selon les tailles des populations de chaque code postal (à trois chiffres) de la région économique.

Tableau 15 Moyennes et étendues de températures maximales journalières T_{max} et $WBGT_{max}$, Saskatchewan 2001-2016

Région économique	T_{max} Moyenne ^a (étendue)			$WBGT_{max}$ Moyenne ^a (étendue)		
Regina-Moose Mountain	22,8	(3,0;	37,5)	20,6	(7,1;	33,8)
Swift Current-Moose Jaw	22,5	(3,3;	38,4)	20,8	(7,9;	32,3)
Saskatoon-Biggar	22,6	(3,9;	38,9)	20,2	(7,1;	31,9)
Yorkton-Melville	22,6	(0,6;	35,7)	20,4	(5,2;	32,9)
Prince Albert et Nord	22,4	(3,7;	36,9)	19,8	(7,0;	30,3)

^a Moyenne pondérée selon les tailles des populations de chaque code postal (à trois chiffres) de la région économique.

Tableau 16 Moyennes et étendues de températures maximales journalières T_{max} et $WBGT_{max}$, Alberta 2001-2016

Région économique	T_{max} Moyenne ^a (étendue)			$WBGT_{max}$ Moyenne ^a (étendue)		
Lethbridge-Medicine Hat	23,3	(0,9;	38,4)	20,7	(6,6;	31,6)
Camrose-Drumheller	21,3	(2,1;	36,8)	19,5	(6,4;	30,1)
Calgary	20,9	(-1,7;	35,0)	19,3	(4,4;	29,8)
Banff-Jasper-Athabasca	20,5	(0,2;	35,1)	18,9	(5,3;	29,0)
Red Deer	20,5	(0,4;	34,4)	19,1	(5,6;	29,4)
Edmonton	21,1	(1,5;	35,0)	19,5	(6,8;	30,3)
Wood Buffalo-Cold Lake	21,2	(-0,2;	37,3)	19,5	(4,4;	29,8)

^a Moyenne pondérée selon les tailles des populations de chaque code postal (à trois chiffres) de la région économique.

Centre d'expertise
et de référence

www.inspq.qc.ca