

É

Projets spéciaux

Études et recherches

RAPPORT R-872



Température estivale, concentrations d'ozone et lésions professionnelles acceptées au Québec

*Ariane Adam-Poupart
Audrey Smargiassi
Marc-Antoine Busque
Patrice Duguay
Michel Fournier
Joseph Zayed
France Labrèche*



Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES

travaillent pour vous !

Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes;

Assurer la diffusion des connaissances et jouer un rôle de référence scientifique et d'expertise;

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST. Abonnement : www.csst.qc.ca/AbonnementPAT

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec
2015
ISBN : 978-2-89631-799-8 (PDF)
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
et de la valorisation de la recherche
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
Mars 2015



Projets spéciaux

Études et recherches

RAPPORT R-872

Température estivale, concentrations d'ozone et lésions professionnelles acceptées au Québec

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

*Ariane Adam-Poupart¹, Audrey Smargiassi², Marc-Antoine Busque³,
Patrice Duguay³, Michel Fournier⁴, Joseph Zayed^{1,3}, France Labrèche³*

¹École de santé publique, Université de Montréal

*²École de santé publique, Université de Montréal
et Institut national de santé publique du Québec (INSPQ),*

³IRSST

*⁴Direction de santé publique, Agence de la santé
et des services sociaux de Montréal*

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

ÉVALUATION PAR DES PAIRS

Conformément aux politiques de l'IRSST, les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. Allan Brand pour son importante contribution à l’extraction et à la préparation des données météorologiques et de concentrations d’ozone. Les auteurs expriment également leur gratitude à l’équipe de Données Accès et Intégration (DAI)¹ d’Environnement Canada pour la fourniture des données et le soutien technique.

Ariane Adam-Poupart a reçu une bourse de formation de doctorat (2013-2014) du Fonds de recherche du Québec – Santé (FRQS).

¹ Le portail DAI est le fruit de la collaboration entre le Centre de recherche sur les changements climatiques et l’environnement global (C3EG), la Division de recherche sur l’adaptation et les répercussions (DRAR) d’Environnement Canada, et le réseau de recherche sur la sécheresse (RRS). Le consortium Ouranos (Québec) a également fourni un soutien informatique à l’équipe de DAI.

SOMMAIRE

Les changements climatiques sont indéniables et leurs impacts sur la santé de la population préoccupent de plus en plus les scientifiques et les décideurs publics. Les spécialistes prévoient des hausses de température au Québec et que les durées et l'intensité des périodes de chaleur accablante et de canicules augmenteront. D'autres paramètres environnementaux seront possiblement modifiés à la suite de l'augmentation de la température extérieure, comme la hausse des concentrations ambiantes de certains polluants atmosphériques tel l'ozone au sol.

Ces changements pourraient avoir un impact sur la santé et la sécurité des travailleurs. Dans la littérature, il est rapporté que l'exposition à la chaleur extérieure entraîne de la mortalité, de la morbidité et possiblement une augmentation de l'incidence des lésions professionnelles. Toutefois, les relations statistiques entre la température extérieure et la survenue de maladies ou d'accidents chez les travailleurs n'ont été que très peu documentées et ne l'ont jamais été dans des conditions similaires à celles du Québec. Le même constat s'impose quant à la relation entre l'ozone et les problèmes respiratoires chez les travailleurs, alors que les effets d'une exposition simultanée ozone-chaleur n'ont jamais été étudiés pour cette population.

L'objectif général de cette recherche était de documenter ces associations dans un contexte québécois. Pour ce faire, nous avons développé des modèles statistiques a) pour apprécier l'association entre la température extérieure estivale et les lésions professionnelles acceptées par la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) pour les problèmes de santé reliés à une exposition excessive à la chaleur (insolations, syncopes, pertes de conscience, etc.), ainsi que pour les accidents du travail; b) pour explorer l'association entre les niveaux journaliers d'ozone troposphérique estivaux et les lésions professionnelles acceptées pour les atteintes respiratoires aiguës. Finalement, nous voulions aussi identifier les sous-populations, les industries et les professions les plus à risque de lésions professionnelles en lien avec la température ou la concentration d'ozone troposphérique.

Les modélisations suggèrent que le nombre quotidien de lésions acceptées pour des problèmes de santé liés à la chaleur et pour des accidents de travail augmente de façon log-linéaire avec les températures extérieures en été au Québec. Des hausses de 42 % du nombre journalier de lésions pour les problèmes de santé reliés à la chaleur (nombre journalier moyen = 0,13, de 0 à 10) et de 0,2 % pour les accidents de travail (nombre journalier moyen = 306, de 54 à 641) ont été estimées pour chaque 1 °C supplémentaire de la température maximale journalière, entre -7,8 et 37,3 °C. Ces analyses ont également mis en évidence que la force des associations pouvait varier selon l'âge, le secteur industriel et la catégorie professionnelle (manuelle par rapport aux autres catégories). Ces résultats doivent être interprétés avec précaution, car cette étude comporte plusieurs limites, dont l'utilisation de données d'indemnisation (qui contiennent peu d'information sur les circonstances exactes de la survenue de la blessure ou du problème de santé), de même qu'une mesure peu précise de la température et de l'humidité sur les lieux de travail le jour où s'est produite la lésion, estimée à partir de données régionales.

Dans le contexte où l'on prédit pour le Québec une augmentation des températures estivales dans les prochaines années, il importe de mettre en place des mesures préventives qui cibleraient

particulièrement les travailleurs les plus sujets aux effets de la chaleur et de poursuivre les efforts de recherche pour l'avancement des connaissances dans ce domaine, en utilisant notamment des indices plus valides de stress thermique. Par ailleurs, la faible puissance statistique des résultats concernant l'association entre les atteintes respiratoires aiguës et les estimations des concentrations d'ozone empêche toute conclusion ferme à cet égard. Les travailleurs extérieurs font néanmoins partie des groupes d'individus les plus exposés à l'ozone au sol et à d'autres polluants de l'air, et conséquemment, il serait souhaitable de poursuivre les réflexions à ce sujet.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	i
Sommaire	iii
Table des matières.....	v
Liste des tableaux.....	ix
Liste des tableaux en annexe.....	xi
Liste des acronymes, des sigles et des abréviations.....	xiii
1. Introduction.....	1
2. État des connaissances	3
2.1 Les effets directs de la chaleur	3
2.2 Les effets indirects de la chaleur	4
2.3 Les effets d’une exposition simultanée à la chaleur et à l’ozone troposphérique.....	5
2.4 Conclusion.....	6
3. Objectifs de recherche	7
4. Méthodologie	9
4.1 Données de lésions professionnelles.....	9
4.2 Population à l’étude.....	9
4.3 Données météorologiques.....	12
4.4 Concentrations d’ozone troposphérique.....	12
4.5 Analyses statistiques.....	13

Association entre les lésions acceptées et l’exposition à la chaleur.....	13
Association entre les lésions acceptées et l’exposition à l’ozone troposphérique	15
5. Résultats.....	17
5.1 Données descriptives.....	17
5.1.1 Données météorologiques et concentrations d’ozone troposphérique	17
5.1.2 Lésions professionnelles acceptées.....	17
5.2 Relation entre la température et les lésions professionnelles acceptées.....	22
5.2.1 Problèmes de santé liés à la chaleur.....	22
5.2.2 Accidents du travail	23
5.3 Relation entre ozone troposphérique et atteintes respiratoires aiguës	29
6. Discussion.....	31
6.1 Effet de la température extérieure.....	31
6.1.1 Lésions professionnelles	31
6.1.2 Groupes vulnérables.....	32
6.1.3 Paramètres de température	34
6.2 Effet de l’ozone troposphérique.....	35
6.2.1 Atteintes respiratoires aiguës.....	35
6.2.2 Ajustement pour la température.....	35
6.3 Considérations méthodologiques.....	35
6.3.1 Utilisation du fichier des lésions professionnelles.....	36
6.3.2 Données de température et d’humidité et concentrations d’ozone troposphérique	37
6.3.3 Modélisation statistique	37
7. Conclusion.....	39
Références.....	41
Annexe 1.....	47

Annexe 2.....	49
Annexe 3.....	51
Annexe 4.....	57
Annexe 5.....	59

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Critères d'inclusion et d'exclusion des lésions professionnelles acceptées, classées comme accidents par la CSST, et retenues pour les analyses.....	11
Tableau 2 :	Nombre, compte journalier et taux de fréquence des lésions professionnelles associées à des problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur, à des accidents de travail et à des atteintes respiratoires aiguës (16 régions sociosanitaires du Québec).....	22
Tableau 3 :	Nombre de lésions, moyenne des comptes journaliers de lésions acceptées pour les problèmes de santé en lien avec une exposition à la chaleur et ratio de taux d'incidence associé à une augmentation de 1 °C de température maximale, par sexe, groupe d'âge et décalages (toutes les régions sociosanitaires du Québec combinées, mai à septembre 1998-2010).....	25
Tableau 4 :	Nombre de lésions, moyenne des comptes journaliers de lésions acceptées pour des accidents du travail et ratio de taux d'incidence associé à une augmentation de 1 °C de température maximale, par sexe, groupe d'âge et décalages (toutes les régions sociosanitaires du Québec combinées, mai à septembre 2003-2010).	26
Tableau 5 :	Moyenne des comptes journaliers d'accidents du travail et ratio de taux d'incidence associé à une augmentation de 1 °C de température maximale, par secteur industriel et catégorie professionnelle (manuelle, mixte ou non manuelle) (toutes les régions sociosanitaires du Québec combinées, mai à septembre 2003-2010).....	28
Tableau 6 :	Nombre de jours avec lésions professionnelles acceptées pour des atteintes respiratoires aiguës et rapports de cotes pour chaque 1 ppb d'augmentation des concentrations d'ozone troposphérique, avec et sans ajustement pour la température.....	32

LISTE DES TABLEAUX EN ANNEXE

Tableau A-1 : Moyenne et étendue des températures maximales journalières et des concentrations moyennes journalières d'ozone troposphérique (mai à septembre 1998-2010).....	51
Tableau A-2 : Caractéristiques sociodémographiques des travailleurs ayant subi un problème de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur, un accident du travail ou une atteinte respiratoire aiguë (mai à septembre).....	53
Tableau A-3 : Caractéristiques temporelles des problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur, des accidents du travail et des atteintes respiratoires aiguës (mai à septembre).....	54
Tableau A-4 : Caractéristiques (natures et genres) des lésions acceptées : a) Problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur (1998-2010); b) Accidents du travail (2003-2010); c) Atteintes respiratoires aiguës (1998-2010).....	55
Tableau A-5 : Moyenne des comptes journaliers de problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur et d'accidents du travail et ratio de taux d'incidence associé à une augmentation de 1 °C de température maximale (mai à septembre).....	59
Tableau A-6 : Moyenne des comptes journaliers d'accidents de travail et ratio de taux d'incidence associé à une augmentation de 1 °C de la température maximale, par genre d'accidents (toutes les régions sociosanitaires du Québec combinées, mai à septembre 2003 à 2010).....	61

LISTE DES ACRONYMES, DES SIGLES ET DES ABRÉVIATIONS

CCDP :	Classification canadienne descriptive des professions
CSST :	Commission de la santé et de la sécurité du travail
CVF :	Capacité vitale forcée
GIEC :	Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat
IC 95 % :	Intervalle de confiance à 95 %
ln :	logarithme naturel
ppb :	partie par milliard (<i>part per billion</i>)
RC :	Rapport de cotes (<i>odds ratio, OR</i>)
RTI :	Ratio de taux d'incidence (<i>incidence rate ratio, IRR</i>)
SCIAN :	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord
VEMS :	Volume expiratoire maximal par seconde (<i>VEF1, forced expiratory volume in 1 second</i>)
WBGT :	<i>Wet-bulb globe temperature</i> ou température au thermomètre-globe mouillé

1. INTRODUCTION

Les changements climatiques sont indéniables et leurs impacts sur la santé de la population préoccupent de plus en plus les scientifiques et les décideurs publics. Plusieurs changements au regard des phénomènes météorologiques et climatiques ont été observés depuis 1950 à l'échelle du globe, dont l'accroissement du nombre de journées et de nuits chaudes, et il est maintenant prédit par le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) que la température moyenne à la surface de la Terre connaîtra des augmentations de l'ordre de 0,3 à 4,8 °C entre les périodes 1986-2005 et 2081-2100 (GIEC, 2013).

Au Québec, on annonce des hausses de température estivale variant de 1,6 à 3,0 °C à l'horizon 2050 et on prévoyait en 2010 que les durées et l'intensité des périodes de chaleur accablante et de canicule augmenteraient dans les prochaines années (Desjarlais et collab., 2010). De tels changements peuvent avoir un impact sur la santé et la sécurité des travailleurs. Dans une recherche portant sur ce sujet, Adam-Poupart et collab. (2012) avaient identifié l'augmentation de la température estivale et du nombre des périodes de chaleur accablante comme un enjeu important pour les travailleurs du Québec. Cet enjeu découle, entre autres, des effets de la température extérieure sur la mortalité et la morbidité des travailleurs, ainsi que sur l'augmentation de l'incidence des lésions professionnelles (voir la section État des connaissances pour un résumé des études publiées à ce sujet). Par ailleurs, d'autres facteurs qui pourraient affecter la santé et la sécurité des travailleurs au Québec seront possiblement modifiés à la suite de l'augmentation de la température extérieure. Par exemple, les concentrations ambiantes de certains polluants, dont l'ozone au sol (ozone troposphérique), un irritant responsable de dommages aigus et chroniques au système respiratoire, pourraient augmenter en été (Desjarlais et collab., 2010; Santé Canada, 2008). Ainsi, les travailleurs seraient plus exposés et les périodes d'exposition simultanée à la chaleur et à l'ozone troposphérique pourraient être plus fréquentes, car il est documenté que les niveaux d'ozone sont plus élevés lors des journées chaudes d'été (MDDEP, 2002).

Cette recherche vise principalement à documenter les associations entre les lésions professionnelles des travailleurs du Québec, la température extérieure et l'ozone troposphérique.

2. ÉTAT DES CONNAISSANCES

Comme mentionné précédemment, l'augmentation de la chaleur estivale et des périodes de chaleur accablante constitue un enjeu important pour les travailleurs au Québec, car ces phénomènes peuvent entraîner de multiples effets sur leur santé et leur sécurité.

2.1 Les effets directs de la chaleur

Les effets directs de la chaleur sur la santé des travailleurs sont bien documentés (pour une revue, voir Jay et Kenny, 2010). Une exposition à une température ambiante élevée provoque le déclenchement de mécanismes physiologiques qui peuvent entraîner de l'épuisement et des symptômes associés à une perturbation thermique; les crampes, les syncopes, la fatigue, les coups de chaleur et chocs thermiques sont parmi les symptômes les mieux décrits (Lovecchio et collab., 2007; National Oceanic and Atmospheric Administration, 2010; GIEC, 2007). Par ailleurs, la pratique d'une activité physique prolongée dans un environnement chaud et humide augmente les risques d'épuisement et de choc thermique (Tanaka, 2007; Kjellstrom et collab., 2009), notamment parce que la présence d'une humidité relative élevée dans l'air compromet l'évaporation de la sueur et, par conséquent, le taux de dissipation de la chaleur.

Les périodes de chaleur accablante ont été associées à une élévation de la mortalité chez les travailleurs. Pendant les canicules de 2003 et de 2006 en France, respectivement 15 et 8 décès par hyperthermie ont été rapportés chez les travailleurs (INRS, 2009; Buisson, 2009), alors qu'aux États-Unis, 423 décès attribuables à des coups de chaleur se sont produits en milieu de travail entre 1992 et 2006 (CDC, 2008). Même au Québec, où le climat continental est un peu moins chaud qu'en France ou qu'aux États-Unis, neuf décès associés à un coup de chaleur ont été documentés chez les travailleurs entre 1988 et 2003 (Tison, 2004). De façon générale, les secteurs industriels dont la majorité des activités sont réalisées à l'extérieur, comme la construction, l'agriculture, la foresterie, la pêche, la chasse et les services publics, présentent des risques de décès plus importants lors des journées chaudes (Buisson, 2009; CDC, 2008; Fortune et collab., 2013; INRS, 2009).

Les relations entre la température moyenne estivale et le nombre de décès par hyperthermie en milieu de travail n'ont été estimées que dans deux études, avec des résultats contradictoires. Une étude américaine sur le risque de décès par maladie coronarienne chez des pompiers pendant l'exercice de leurs fonctions a montré que le risque n'était pas associé à une augmentation de la température pendant les mois où la température moyenne dépassait 5 °C, entre 1994 et 2004 (Mbanu et collab., 2007). Une autre étude, effectuée entre 1977 et 2001 sur les décès associés à la chaleur chez les travailleurs de la Caroline du Nord, a rapporté une augmentation du risque de décès de 37 % pour chaque degré Fahrenheit supplémentaire de la température moyenne estivale (correspondant environ à 77 % par 1 °C) (Mirabelli et Richardson, 2005).

La chaleur extérieure est aussi responsable de l'augmentation de l'incidence de certains problèmes de santé (p. ex. : coup de chaleur) pendant les mois les plus chauds de l'année, comme il a été observé chez les travailleurs de l'Ontario entre 2004 et 2010 (Fortune et collab., 2013), chez ceux de l'État de Washington entre 1995 et 2005 (Bonauto et collab., 2007) et plus spécifiquement, chez les employés des secteurs de la foresterie et des mines (Donoghue et

collab., 2000; Donoghue, 2004; Maeda et collab., 2006). Une récente revue de la littérature a aussi rapporté que les travailleurs les plus sujets aux problèmes de santé associés à une exposition à la chaleur étaient ceux des secteurs de l'agriculture, de la construction, des mines et de la fabrication ainsi que les pompiers et les militaires (Xiang et collab., 2014a). La relation entre les températures journalières estivales et la morbidité des travailleurs n'a été estimée qu'une seule fois dans une étude pilote d'une durée de 5 ans réalisée par le Département de la santé de la Floride (Florida Department of Health, 2012). Dans cette étude, les auteurs ont rapporté des augmentations quotidiennes du nombre d'hospitalisations ou de visites à l'urgence pour maladies associées à la chaleur de l'ordre de 62 à 258 % pour chaque 5 °F d'augmentation de la température maximale journalière (correspondant approximativement à des augmentations quotidiennes de 20 à 60 % par augmentation de 1 °C) selon l'endroit où l'on se situait dans l'État de la Floride.

Selon une récente revue de la littérature sur l'association entre la température ambiante et la morbidité (pour plusieurs diagnostics non spécifiques) dans la population générale, la majorité des études recensées décrivent des effets néfastes de la température se produisant jusqu'à trois jours après l'exposition, correspondant à un effet différé et cumulatif de la chaleur (Ye et collab., 2012). Selon l'étude du Département de la santé de la Floride, l'augmentation du nombre d'hospitalisations chez les travailleurs était décelable le jour même ou, en effet différé, le lendemain des journées chaudes (Florida Department of Health, 2012).

2.2 Les effets indirects de la chaleur

L'exposition à la chaleur extérieure peut aussi affecter la sécurité des travailleurs. L'inconfort physique, la détérioration des performances psychomotrices, la fatigue et la diminution de la vigilance font partie des signes et symptômes documentés en santé au travail à la suite d'une exposition à la chaleur (Ramsey, 1995; Tawatsupa et collab., 2010; Grandjean et Grandjean, 2007). Tous ces phénomènes sont possiblement responsables d'accidents professionnels.

Les études ayant abordé l'association entre l'exposition à la température extérieure et les accidents professionnels sont rares. En Inde, une étude réalisée sur des travailleurs de l'industrie du textile a rapporté que la prévalence des accidents était significativement plus élevée pendant l'été, alors que la température extérieure atteignait 42 à 48 °C (Nag et Nag, 2001). En Italie, Morabito et collègues (2006) ont observé que les conditions météorologiques chaudes étaient associées à une augmentation des admissions hospitalières pour des accidents de travail pendant les étés de 1998 à 2003. Dans cette étude, le nombre maximal d'hospitalisations pour des accidents professionnels pendant l'été était constaté durant les jours où la température apparente moyenne atteignait des valeurs de 24,8 à 27,5 °C, c'est-à-dire lors de journées chaudes, alors que ce nombre diminuait avant et après que les températures atteignent ces seuils. Les auteurs mentionnent que cet effet était plus marqué en juin que durant les autres mois de l'été, phénomène qu'ils attribuent à l'acclimatation graduelle des travailleurs à la chaleur. Dans ces deux études, aucune mesure d'association entre la température extérieure quotidienne et les lésions professionnelles n'a été estimée.

Toutefois, dans une étude réalisée dans une fonderie d'aluminium dans le Midwest américain en 1997-1998, Fogleman et collègues (2005) ont rapporté des risques de lésions aiguës

significativement plus élevés lorsque l'indice thermique (« heat index ») combinant la température extérieure et l'humidité relative se situait entre 32 et 38 °C (Rapport de cotes (RC) 2,28; intervalle de confiance à 95 % (IC 95 %) 1,49-3,49) et à plus de 38 °C (RC 3,52; IC 95 % 1,86-6,67), comparativement aux périodes où l'indice thermique variait entre 10 et 16 °C.

Une autre étude, celle-ci réalisée auprès des militaires américains en entraînement dans l'État de la Floride entre 1997 et 1998, a montré que les blessures chez les individus physiquement actifs étaient plus nombreuses en été qu'en automne (Knapik et collab., 2002). Ces auteurs ont rapporté des relations linéaires très fortes entre la température maximale quotidienne (entre 16,2 et 34,2 °C) et l'incidence de blessures de toutes sortes, avec des corrélations variant entre 0,92 et 0,97. Finalement, très récemment en Australie, l'association entre la température maximale journalière en été et le nombre journalier de lésions acceptées pour des accidents de travail a été estimée (Xiang et collab., 2014b). Les augmentations quotidiennes de lésions étaient de 0,2 % pour chaque augmentation de 1 °C de température maximale journalière entre 14,2 et 37,7 °C et leur nombre diminuait de 1,4 % par degré de température au-delà de 37,7 °C (diminution probablement attribuable, selon les auteurs, aux activités préventives lors de températures très chaudes). L'agriculture et la construction, tout comme les autres secteurs où la majorité des activités se réalisent à l'extérieur, ont été identifiées comme des secteurs particulièrement vulnérables pendant les journées chaudes.

2.3 Les effets d'une exposition simultanée à la chaleur et à l'ozone troposphérique

Il a été mentionné que les périodes d'exposition simultanée à la chaleur et à l'ozone troposphérique pourraient être plus fréquentes à l'avenir, car les niveaux d'ozone sont plus élevés lors des journées chaudes d'été (MDDEP, 2002). L'effet conjugué de la chaleur et de l'ozone sur les atteintes respiratoires n'a jamais été évalué chez les travailleurs et l'effet de l'exposition à ce polluant n'a été que très peu documenté. À notre connaissance, seulement six études en font état.

Une diminution des fonctions respiratoires (ratio du volume expiratoire maximal par seconde sur la capacité vitale forcée (VEMS/CVF)) a été observée à chaque augmentation de 10 µg/m³ des moyennes journalières d'ozone chez des sauveteurs de plage aux États-Unis entre 2002 et 2004 (Thaller et collab., 2008). D'après ces auteurs, l'ozone serait responsable d'une obstruction pulmonaire ou d'une bronchoconstriction. Les auteurs de deux études, réalisées auprès du même groupe de cueilleurs de baies dans la vallée du Fraser au Canada pendant l'été 1993, ont rapporté des associations entre l'augmentation des concentrations journalières maximales d'ozone sur une heure et la diminution de fonctions respiratoires (VEMS et CVF) pouvant persister jusqu'au lendemain (Brauer et collab., 1996; Brauer et Brook, 1997). Dans une étude réalisée en Chine en 2001, des diminutions de débits respiratoires associées à l'augmentation de concentrations d'ozone troposphérique sur huit heures ont été observées chez des facteurs jusqu'à trois jours après l'exposition (Chang et Wu, 2005). En Grèce, chez des travailleurs exerçant le même métier, il a également été constaté entre février 2004 et avril 2005 que la probabilité de rapporter une rhinite augmentait de 7 % (RC 1,07; IC 95 % 1,02-1,12) par augmentation de 1 µg/m³ d'ozone troposphérique (Karakatsani et collab., 2009). Finalement, dans une étude réalisée dans

100 édifices aux États-Unis entre 1994 et 1998, Apte et collègues (2008) ont mis en évidence qu'une augmentation de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentrations d'ozone journalières haussait de 3 % (RC 1,03; IC 95 % 1,00-1,06) la probabilité de rapporter des symptômes d'affections des voies respiratoires supérieures, soit la congestion des sinus et voies nasales, les maux de gorge ou les éternuements, chez les travailleurs de bureau.

A l'inverse, il a été observé dans une étude réalisée auprès de plusieurs populations (personnes âgées, jeunes asthmatiques, athlètes, travailleurs de la foresterie et commis de bureau) en Allemagne pendant les saisons estivales de 1992 à 1994, que les augmentations de la résistance des voies respiratoires étaient similaires chez des travailleurs de bureau et ceux du secteur de la foresterie les jours où les niveaux d'ozone étaient élevés (concentration maximale moyenne sur 30 minutes supérieure à 0,05 ppm entre 13 h et 16 h), par rapport aux journées avec des niveaux faibles (concentration maximale moyenne sur 30 minutes supérieure à 0,04 ppm et inférieure à 0,05 ppm entre 13 h et 16 h) (Hoppe et collab., 1995).

2.4 Conclusion

Comme constaté, la chaleur extérieure entraîne des effets sur la santé et la sécurité des travailleurs et la relation entre l'exposition à la température journalière estivale extérieure et la survenue de maladies ou d'accidents chez les travailleurs n'a été que très rarement estimée. De plus, les connaissances quant aux effets respiratoires d'une exposition de courte durée (ex : journalière) à l'ozone troposphérique chez les travailleurs sont incomplètes et les effets d'une exposition simultanée à la température et à l'ozone troposphérique n'ont jamais été documentés.

3. OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'objectif général de cette recherche est d'explorer les associations entre les lésions professionnelles acceptées par la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST), la température extérieure et l'ozone troposphérique.

Cette étude vise plus spécifiquement à :

- 1) estimer l'association entre la température extérieure estivale journalière et les nombres journaliers de lésions professionnelles acceptées pour les problèmes de santé reliés à une exposition excessive à la chaleur (insolations, syncopes, pertes de conscience...);
- 2) estimer l'association entre la température extérieure estivale journalière et les nombres journaliers de lésions professionnelles acceptées pour les accidents du travail;
- 3) explorer l'association entre les niveaux journaliers d'ozone troposphérique estivaux et les lésions professionnelles acceptées pour les atteintes respiratoires aiguës;
- 4) explorer l'effet de l'exposition simultanée à la température et à l'ozone troposphérique journaliers sur les nombres journaliers de lésions professionnelles acceptées pour les atteintes respiratoires aiguës;
- 5) identifier les sous-populations, les industries et les professions les plus à risque de lésions professionnelles en lien avec la température et les niveaux d'ozone troposphérique journaliers.

4. MÉTHODOLOGIE

L'étude porte sur les lésions professionnelles acceptées par la CSST qui se sont produites chez des travailleurs de 16 régions sociosanitaires du Québec (voir le tableau 2 pour le nom des régions) entre le 1^{er} mai et le 30 septembre de chacune des années comprises entre 1998 et 2010 inclusivement. Les mois de l'étude couvrent la période où les journées chaudes peuvent se produire au Québec, alors que les années d'étude ont été choisies en fonction de la disponibilité des données.

4.1 Données de lésions professionnelles

La base de données utilisée provient des fichiers administratifs de la CSST qui contiennent l'ensemble des lésions professionnelles déclarées et acceptées s'étant produites chez les travailleurs couverts par le régime de santé et de sécurité du travail. Dans ces fichiers, les lésions sont codées selon leur nature (c'est-à-dire les principales caractéristiques physiques de la blessure ou de la maladie), leur genre (l'événement ou l'exposition ayant entraîné la lésion), leur siège (la partie du corps affectée) et leurs agents causaux, suivant une classification de la norme CSA Z-795 de l'Association canadienne de normalisation, qui a été adaptée par la CSST. La classification de la CSST ne diverge de la norme CSA Z-795 que pour quelques codes seulement.

Pour la présente analyse, seules les lésions professionnelles classées comme accidents du travail par la CSST et acceptées par celle-ci ont été retenues. Les lésions classées comme maladies professionnelles et résultant d'une exposition de longue durée ont été exclues afin de limiter les erreurs de classification de l'exposition des individus. En effet, dans les cas de maladies professionnelles, la date associée aux lésions correspond à la date de diagnostic et non pas à celle de la journée où la lésion s'est produite. Selon la définition utilisée par la CSST², un accident du travail peut occasionner une blessure, mais aussi une maladie ou un malaise, par exemple, un coup de chaleur.

Afin d'éviter de compter en double les récurrences de lésions, pour chaque période de 31 jours, la première réclamation a été retenue lorsqu'un numéro d'identification apparaissait plus d'une fois durant la période pour une même lésion (nature, genre et agents causaux identiques). Ainsi 191 lésions sur 735 312 ont été exclues.

4.2 Population à l'étude

Les caractéristiques (nature et genre) des lésions professionnelles retenues pour des problèmes de santé reliés à une exposition excessive à la chaleur (objectif 1), pour les accidents du travail (objectif 2), et pour les atteintes respiratoires aiguës (objectifs 3 à 5), sont présentées au tableau 1. À des fins exploratoires, les problèmes de santé moins précis, mais dont les agents

² Selon la CSST, une maladie professionnelle est « une maladie contractée par le fait ou à l'occasion du travail et qui est caractéristique de ce travail ou reliée directement aux risques particuliers de ce travail » et un accident de travail est un « événement imprévu et soudain attribuable à toute cause, survenant à une personne par le fait ou à l'occasion de son travail et qui entraîne pour elle une lésion professionnelle » (Gouvernement du Québec, 2013).

causaux ou les genres d'accidents pouvaient être liés à une exposition à la chaleur ambiante, ont aussi été retenus et leurs caractéristiques sont également présentées dans le même tableau.

Les dossiers des lésions acceptées comportaient un numéro d'identification, la date de naissance ainsi que le sexe du travailleur, la date à laquelle la lésion s'est produite, le code postal de l'établissement de l'employeur, les caractéristiques de la lésion (nature, siège, genre, agent causal), le code du système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) correspondant au secteur industriel du dossier de tarification de l'employeur et le code de la classification canadienne descriptive des professions (CCDP) correspondant à la profession du travailleur. Dans les situations où le code postal de l'établissement de l'employeur était manquant (49 157/735 312 réclamations) ou lorsque celui-ci était erroné (1 814/735 312 réclamations), le code postal du bureau régional de la CSST situé dans la région administrative où réside le travailleur a été retenu.

Tous les dossiers retenus ont été reliés à une des 16 régions sociosanitaires du Québec par le code postal de l'employeur ou du bureau régional de la CSST. Des groupes d'âge ont été définis selon des catégories les plus communément employées en santé et en sécurité du travail, soit 15-24 ans, 25-44 ans, 45 ans ou plus.

Tableau 1 : Critères d'inclusion et d'exclusion des lésions professionnelles acceptées, classées comme accidents par la CSST, et retenues pour les analyses

Type de lésions	Critères d'inclusion et d'exclusion
Problèmes de santé reliés à une exposition excessive à la chaleur (objectif 1)	<p>Nature : 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, n.c.a. comprend la fatigue due à la chaleur et l'œdème dû à la chaleur</p> <p>SAUF Genre : 32300- Contact avec des substances ou des objets chauds</p>
Accidents du travail (objectif 2)	<p>Nature : Division 0- Blessures et troubles traumatiques Division 0- Maladies et troubles systémiques Division 0- Maladies infectieuses et parasitaires Division 0- Néoplasmes, tumeurs et cancers Division 0- Symptômes, signes et états mal définis Division 0- Autres maladies, états ou troubles Division 0- Maladies, états ou troubles multiples Division 0- Ne peut être classé</p>
Atteintes respiratoires aiguës (objectifs 3 et 4)	<p>Nature : Grand groupe 14- Maladies de l'appareil respiratoire</p> <p>SAUF Genre 34320 : Piqûres d'abeille, de guêpe ou de frelon 34400 : Ingestion de substance</p>
Problèmes de santé moins précis, mais dont les agents causaux ou les genres d'accidents pouvaient se rapporter à une exposition à la chaleur ambiante (analyses exploratoires supplémentaires)	<p>Nature : 07000- Effets des conditions ambiantes non précisés 07900- Effets des conditions ambiantes, n.c.a. 41130- Malaise et fatigue 41150- Réaction allergique non précisée 41140- Étourdissement 48000- Symptômes, signes ou états mal définis multiples non précisés 48100- Sensibilité multiple aux produits chimiques 49000- Symptôme, signes ou états mal définis, n.c.a. 59000- Autres maladies, états ou troubles, n.c.a. 80000- Maladies, états ou troubles multiples 99990- Ne peut être classé.</p> <p>ET 1- Agent causal principal : Températures ambiantes extrêmes non précisées (93600); chaleur ambiante (93620); conditions atmosphériques et climatiques, n.c.a. (93790); Soleil (93920). OU 2- Agent causal secondaire : Chaleur ambiante (93620); soleil (93920). OU 3- Genre : Exposition à un environnement chaud (32100); exposition au rayonnement (36000); exposition au soleil (36100); exposition au rayonnement (36900)</p> <p>ET Agent causal principal : Ne peut être classifié, inconnu (999990); ou non identifié</p>

n.c.a., non classé ailleurs

4.3 Données météorologiques

Les données météorologiques horaires proviennent du portail Données Accès Intégration hébergé par Environnement Canada.

L'analyse des lésions acceptées associées à une exposition à la chaleur nécessitait que les données météorologiques soient classées selon les 16 régions sociosanitaires définies par le gouvernement du Québec. Ainsi, pour chaque région sociosanitaire, une station météorologique préalablement identifiée par Environnement Canada comme représentative des conditions de cette région (Martel et collab., 2010) a été choisie. Un des indices de stress thermique les plus utilisés en santé au travail est la température au thermomètre-globe mouillé (*Wet-bulb globe temperature*, WBGT) (Parsons, 2003; Santé Canada, 2011). Cet indice, basé sur l'humidité, la vitesse et la température de l'air ainsi que sur le rayonnement solaire, n'est malheureusement pas mesuré par Environnement Canada et n'est pas disponible pour l'ensemble du Québec. La mesure horaire la plus élevée entre 9 h et 17 h a été retenue pour les températures des thermomètres sec et mouillé (°C), ci-après appelées températures sèche et humide, ainsi que pour l'humidité relative (%). Les températures du thermomètre mouillé diffèrent de celles du thermomètre sec d'une valeur qui varie en fonction du contenu en vapeur d'eau dans l'air (Environnement Canada, 2013). L'exposition quotidienne a été considérée constante pour l'ensemble des travailleurs au sein d'une même région. Les journées ayant moins de 75 % des données météorologiques attendues ont été exclues (moins de 2,5 % des périodes d'étude).

4.4 Concentrations d'ozone troposphérique

L'ozone présente des variations géographiques et temporelles importantes à petite échelle (Beckerman et collab., 2008) et c'est la raison pour laquelle nous avons choisi d'utiliser des estimations de concentrations moyennes journalières pour tous les codes postaux des établissements des employeurs associés aux lésions acceptées pour des atteintes respiratoires aiguës, plutôt que des estimations par région sociosanitaire qui présentent moins de précision. Ces concentrations proviennent d'un modèle spatiotemporel de prédiction, basé sur l'estimation des densités de probabilité selon le principe d'entropie maximale, qui a été développé pour le territoire québécois par des membres de notre groupe de recherche (Adam-Poupard et collab., 2013; 2014). Ce modèle permet d'estimer les concentrations moyennes journalières d'ozone sur le territoire d'étude³ pour chaque cellule de un km de côté à l'aide d'un logiciel géostatistique gratuit, le SEKS-GUI v. 0.69.5 (<http://140.112.76.211/SEKSGUI/SEKSHome.html>). Un résumé du développement de ce modèle est présenté à l'annexe 1.

Pour les analyses, le code postal de l'établissement de l'employeur été positionné dans une grille du territoire d'étude constituée de cellules de un km de côté et la concentration moyenne journalière d'ozone troposphérique pour la période 9 h-17 h a ensuite été estimée.

³ Le territoire d'étude regroupe toutes les aires de dissémination où la densité de la population était supérieure à cinq personnes par km² en 2006 selon les données de Statistique Canada (2007) et qui étaient situées approximativement entre le 42° et le 50° degré de latitude nord et entre le 60° et le 80° degré de longitude est.

4.5 Analyses statistiques

Les données ont été analysées selon deux approches : écologique et de type cas-croisé. Les relations entre la température et les lésions professionnelles acceptées ont été établies à partir d'une approche écologique (séries temporelles journalières), où les données sanitaires (ici les lésions acceptées pour indemnisation) sont des comptes journaliers de lésions acceptées par région sociosanitaire, et les données d'exposition à la chaleur sont attribuées à partir d'une donnée par région. Nous avons priorisé cette approche étant donné l'accessibilité des données et le fait que des stations météorologiques avaient été préalablement identifiées par Environnement Canada (Martel et collab., 2010). Pour cette approche, des modèles linéaires généralisés de type régression binomiale négative ont été utilisés et des ratios de taux d'incidence (RTI) et leur intervalle de confiance à 95 % (IC 95 %), pour chaque augmentation de 1 °C de la température journalière maximale, ont été estimés.

Les relations entre l'ozone et les lésions professionnelles acceptées ont été établies à partir d'une approche de type cas-croisé afin de prendre en considération des estimations de concentrations d'ozone qui représentaient davantage les variations géographiques et temporelles de ce polluant. Dans ce type d'approche, on ajuste pour les tendances temporelles en comparant l'exposition à la température durant les jours « cas » (journées où une ou plusieurs lésions ont eu lieu) à celle des jours de référence (mêmes journées de la semaine du même mois, mais sans lésion). Pour cette approche, des régressions logistiques conditionnelles ont été utilisées, dans lesquelles les concentrations moyennes journalières d'ozone troposphérique pour la période de 9 h à 17 h estimées lors des jours cas étaient comparées à celles estimées lors des jours de référence, et des rapports de cotes (RC) et leur IC 95 % pour une augmentation d'une partie par milliard (ppb) d'ozone ont été estimés.

Association entre les lésions acceptées et l'exposition à la chaleur

Tout d'abord, des nombres journaliers (ci-après appelés comptes journaliers) de lésions acceptées pour les problèmes de santé reliés à une exposition excessive à la chaleur, pour les événements de santé de nature moins précise et pour les accidents du travail ont été calculés par région sociosanitaire et stratifiés par sexe, groupe d'âge et industrie (découpage SCIAN à deux chiffres). La présence d'un éventuel effet différé de la chaleur (ci-après appelé « décalage ») a été explorée en considérant la température de la veille et de l'avant-veille de la survenue des lésions. Les comptes journaliers par industrie ont aussi été séparés en fonction d'un indicateur de la charge physique de la profession développé par l'IRSST (Hébert et collab., 1996)⁴. Cet indicateur appelé « catégorie professionnelle » répartit les travailleurs en catégories manuelle, mixte ou non manuelle. Les accidents du travail ont aussi été stratifiés en fonction du genre d'accident.

⁴ Selon le système de classification de l'IRSST, un travailleur manuel « exerce un métier exigeant la manipulation de charges lourdes ou moyennes sur une base régulière », un travailleur mixte « exerce un métier nécessitant la manipulation de charges légères et un travail avec posture statique discontinue ou qui manipule occasionnellement une charge lourde ou moyenne » et un travailleur non manuel « exerce un métier où la charge manipulée et l'activité physique sont négligeables ». (Hébert et collab, 1996).

Les risques sanitaires ont ensuite été décrits à l'aide de deux fonctions de risque, qui ont d'abord été estimées pour la région comptant le plus grand nombre de lésions professionnelles acceptées, soit Montréal, puis utilisées pour toutes les régions. La première concerne les lésions acceptées pour des problèmes de santé reliés à une exposition excessive à la chaleur et la seconde concerne l'ensemble de celles acceptées comme accidents du travail. Aucune fonction de risque n'a été modélisée pour les événements de santé de nature moins précise (voir section 5.1.2.2 pour plus de détails).

Les fonctions de risque ont été développées à l'aide de la régression binomiale négative et ajustées pour les tendances temporelles. Les maxima journaliers d'humidité relative mesurés entre 9 h et 17 h ont été inclus dans les deux modèles, comme indicateur grossier de l'humidité.

Pour les deux modèles, les variables « année », « humidité relative » et « température » ont été incluses suivant la forme linéaire simple ou encore suivant la méthode d'interpolation par spline cubique naturelle (trois nœuds), selon les résultats du test du rapport de vraisemblance. Un terme d'interaction bidirectionnelle entre la température maximale journalière entre 9 h et 17 h et l'humidité relative maximale journalière pour la même période de huit heures (variables continues) a été inclus lors du développement des modèles, mais n'a pas été retenu dans les analyses, car il n'était pas statistiquement significatif. Les estimations du nombre de travailleurs à risque, soit le facteur d'ajustement ou « *offset variable* », pour les deux fonctions de risque étaient les nombres mensuels de travailleurs par région, tels qu'obtenus dans l'Enquête sur la population active de Statistique Canada (tableau CANSIM 282-0001). Il faut souligner que les estimations du nombre de travailleurs à risque de la Mauricie et du Centre-du-Québec ont été agrégées afin de correspondre au territoire sociosanitaire incluant ces deux régions (RSS 03).

Le modèle de fonction de risque développé pour Montréal et qui porte sur les problèmes de santé reliés à une exposition excessive à la chaleur est le suivant :

$$\ln [E(Y_t)] = \ln (\text{Estimation mensuelle du nombre de travailleurs à risque}) + \beta_0 + \beta_{1-6} \text{ Jour de la semaine} + \beta_{7-10} \text{ Mois} + \beta_{11} \text{ Année} + \beta_{12} \text{ Vacances de la construction} + \beta_{13} \text{ Jours fériés} + \beta_{14} \text{ Humidité relative maximale journalière pendant 8 h} + \beta_{15} \text{ Température maximale journalière pendant 8 h} + \varepsilon$$

où $E(Y_t)$ est l'espérance mathématique, soit l'estimation du compte journalier de lésions acceptées pour les problèmes de santé reliés à une exposition excessive à la chaleur, β_0 correspond au coefficient de régression du modèle lorsque toutes les autres variables sont nulles, β_{1-15} sont les coefficients de régression associés à chaque variable du modèle et ε est une variable aléatoire indiquant la précision de l'estimation. Le jour de la semaine, les vacances de la construction et les jours fériés ont été insérés dans le modèle, car ces variables sont fortement associées à l'occurrence des accidents (Brogmus, 2007).

Le modèle élaboré pour Montréal, qui porte sur les accidents du travail, est essentiellement le même que le précédent sauf que l'année a été modélisée en utilisant un spline cubique naturel (trois nœuds).

Ces deux modèles ont ensuite été appliqués aux autres régions sociosanitaires du Québec. Dans de rares situations, l'utilisation de la régression binomiale négative ne permettait pas la

convergence des modèles. La régression de Poisson a alors été utilisée lorsque les données n'étaient pas surdispersées. L'effet global, pour l'ensemble du Québec, a été estimé à partir des effets de chacune des régions à l'aide d'un modèle à effet aléatoire, avec la méthode de DerSimonian et Laird pour les méta-analyses (Borenstein et collab., 2010).

Les mêmes procédures ont été réalisées sur les données stratifiées par sexe et par catégorie d'âge. Des tests Q de Cochran ont ensuite été utilisés pour vérifier la signification statistique des différences d'effets de la température entre chaque strate, soit entre les hommes et les femmes, et entre les 15-24 ans, les 25-44 ans et les travailleurs de 45 ans ou plus (Kaufman et MacLehose, 2013)⁵.

Pour les accidents du travail, les mêmes analyses ont été réalisées sur les données stratifiées par genre d'accident, par industrie⁶ et par catégorie professionnelle (manuelle contre mixte et non manuelle). Des tests Q de Cochran ont été utilisés pour vérifier la signification statistique des différences d'effets de la température entre les sous-groupes de travailleurs pour chaque secteur. Ces analyses stratifiées n'ont pas été réalisées pour les problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur étant donné le faible nombre de lésions acceptées par secteur industriel dans les régions sociosanitaires (voir tableau 2 pour plus de détails).

L'effet différé de la température a été exploré en modélisant les comptes journaliers de lésions acceptées pour les problèmes de santé ou pour les accidents du travail en fonction des maxima journaliers de température sèche mesurés lors des deux journées précédant le jour où s'est produite la lésion (décalage 1 et décalage 2). Ces effets ont été comparés à l'aide d'un test z. L'effet cumulatif de la température a aussi été évalué en calculant les taux d'incidence avec les moyennes des maxima journaliers de la température sur deux (décalage 0-1) et trois jours (décalage 0-2). Finalement, l'utilisation de la température du thermomètre mouillé a aussi été évaluée dans les modèles.

Association entre les lésions acceptées et l'exposition à l'ozone troposphérique

L'association entre les lésions acceptées pour atteintes respiratoires aiguës journalières et les concentrations moyennes journalières d'ozone troposphérique a été établie à partir d'un devis épidémiologique de type cas croisé (Maclure, 1991). Dans ces analyses, les jours de référence ont été choisis en utilisant une approche temporelle stratifiée dans laquelle la période d'étude était divisée en mois et les jours de référence pour chaque lésion correspondaient au même jour de la semaine que le jour cas, mais pour les autres semaines de ce mois. Ainsi, si une atteinte respiratoire aiguë s'était produite le mardi 12 mai 2009, les jours de référence de cette lésion correspondaient à tous les autres mardis du mois, soit les 5, 19 et 26 mai 2009.

⁵ Pour ces analyses, les ajustements associés au nombre de travailleurs à risque étaient des estimations mensuelles de chacune de ces strates pour l'ensemble de la province, car les informations n'étaient pas disponibles régionalement.

⁶ Pour les secteurs *Foresterie et exploitations forestières, Pêche, chasse et piégeage* et *Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz*, le facteur d'ajustement (offset variable) pour la population de travailleurs à risque était les nombres mensuels régionaux de travailleurs pour l'ensemble de ces secteurs.

Des RC et leur IC 95 % pour une augmentation d'une ppb d'ozone ont ainsi été calculés à l'aide de régressions logistiques conditionnelles pour l'ensemble des lésions acceptées, puis pour les lésions survenues dans les secteurs où une importante part des activités se réalise à l'extérieur, soit ceux de *l'agriculture*, de la *construction*, de la *foresterie et des exploitations forestières*, de *la pêche, la chasse et le piégeage*, de *l'extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz* et du *transport et entreposage*.

L'effet différé de l'ozone troposphérique a aussi été exploré en estimant les RC (et leur IC 95 %) pour l'association entre les lésions acceptées et la concentration d'ozone estimée la veille (décalage 1) et l'avant-veille de la journée (décalage 2) où s'est produite la lésion.

Finalement, toutes les analyses ont aussi été ajustées selon la température moyenne journalière. Ces données ont été obtenues à partir du portail Données Accès Intégration hébergé par Environnement Canada et la signification statistique du terme d'interaction entre la température et l'ozone troposphérique a été vérifiée pour chacune des analyses.

Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Stata version 12.1.

5. RÉSULTATS

Cette section présente dans un premier temps les données météorologiques et les concentrations d'ozone troposphérique utilisées pour estimer les expositions des travailleurs. Par la suite, les analyses des lésions acceptées sont présentées. Enfin, les estimations des associations statistiques entre la température sèche et les lésions, ainsi qu'entre les concentrations d'ozone troposphérique et les lésions pour les atteintes respiratoires aiguës, en considérant ou non la température, sont rapportées.

5.1 Données descriptives

5.1.1 *Données météorologiques et concentrations d'ozone troposphérique*

Pour l'ensemble de la période d'étude, la température sèche maximale journalière par région a varié entre -7,8 et 37,3 °C et la moyenne journalière pour l'ensemble de la province était de 20,2 °C. Les mois de mai et septembre étaient les mois les plus froids de la période d'étude, alors que les températures les plus élevées ont été enregistrées au cours des mois de juillet et août. Les étendues journalières maximales d'humidité relative et de température humide étaient respectivement de 22 à 100 % et de -8,8 à 29,4 °C selon la région. Les concentrations moyennes journalières d'ozone ont varié entre 25,3 et 33,1 ppb. Les températures maximales journalières et les estimations des concentrations moyennes journalières d'ozone troposphérique par région sont présentées à l'annexe 2 (tableau A-1).

5.1.2 *Lésions professionnelles acceptées*

Les sous-sections suivantes présentent les caractéristiques des lésions retenues pour les analyses. Les nombres, comptes journaliers et taux de fréquence des lésions acceptées pour les problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur, les accidents du travail et les atteintes respiratoires aiguës sont présentés au tableau 2, alors que les informations relatives aux distributions temporelles, aux caractéristiques sociodémographiques des individus dont la lésion a été acceptée et aux caractéristiques des lésions (natures et genres) sont détaillées à l'annexe 3 (tableaux A-2, A-3 et A-4). Les problèmes de santé de nature moins précise sont brièvement présentés à la section 5.1.2.2.

5.1.2.1 *Problèmes de santé liés à la chaleur*

Un total de 259 lésions liées à une exposition excessive à la chaleur a été accepté par la CSST entre mai et septembre de 1998 à 2010, dont six décès. Ces lésions se sont produites dans 15 régions sociosanitaires et environ 44 % d'entre elles, dans la grande région de Montréal (Montréal, Laval, Montérégie). Le compte journalier de lésions acceptées a varié entre 0 et 6 par région et la moyenne provinciale était de 0,13 lésions/jour pour toutes les régions combinées. Le taux de fréquence moyen pour la province était de 0,04 lésion par million de travailleurs par jour.

Sur l'ensemble de la période d'étude, il n'y a eu aucune lésion liée à une exposition excessive à la chaleur lorsque la température maximale journalière était sous les 10 °C; près du tiers des

lésions se sont produites lors de journées où la température était supérieure à 30 °C (3 % des 31 824 jours-régions de la période d'étude).

La plupart des lésions se sont produites pendant les jours de semaine des mois de juillet et d'août. La vaste majorité des travailleurs dont la lésion a été acceptée étaient des hommes, âgés entre 25 et 44 ans, et les secteurs les plus souvent concernés étaient ceux de la *fabrication* (29,8 %), des *administrations publiques* (20,8 %) et de la *construction* (10,7 %). Environ 23 % des lésions se sont produites dans des secteurs où les activités se font majoritairement à l'extérieur, tels que la *construction* (10,7 %), la *foresterie et exploitations forestières* (4,5 %), le *transport et l'entreposage* (3,4 %), l'*agriculture* (2,2 %) et l'*extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz* (1,7 %) (tableau A-2 en annexe). Les professions les plus représentées au regard des lésions acceptées étaient l'ensemble des emplois de manœuvres et manutentionnaires (33 %), dont ceux du traitement des métaux (5 %), ainsi que les pompiers (11 %) et les conducteurs de camion (4 %).

5.1.2.2 Problèmes de nature moins précise

Seulement 32 lésions liées à des problèmes de santé de nature moins précise ont été acceptées par la CSST entre mai et septembre de 1998 à 2010. Parmi celles-ci, les étourdissements (25 %) et les natures qui ne pouvaient pas être classées (44 %) étaient les plus fréquentes. La majorité de ces lésions se sont produites chez des hommes âgés de plus de 25 ans. Parmi celles-ci, un secteur industriel était associé à 17 d'entre elles, dont six relevaient du domaine de la *fabrication*. En raison du petit nombre de lésions pour des problèmes de nature moins précise, aucune analyse supplémentaire n'a été réalisée.

5.1.2.3 Accidents du travail

Puisque la vaste majorité des analyses réalisées sur les accidents du travail porte sur des comptes journaliers stratifiés par industrie (secteur industriel SCIAN) et que cette classification n'apparaît dans les dossiers administratifs de la CSST qu'à partir de l'année 2003, seuls les dossiers de lésions acceptées pour un accident du travail entre 2003 et 2010 ont été analysés afin de permettre une meilleure comparaison des estimations de risque.

Ainsi de 2003 à 2010, entre mai et septembre, 374 078 accidents du travail ont été acceptés par la CSST dans les 16 régions sociosanitaires du Québec. Les accidents les plus fréquemment acceptés étaient classés parmi les genres suivants : efforts excessifs/mouvements répétitifs et autres réactions du corps (37,0 %), contacts avec des objets et de l'équipement (30,6 %) et chutes (15,4 %) (tableau A-4 b en annexe).

Près de la moitié de ces accidents ont eu lieu dans la grande région de Montréal (Montréal, Laval, Montérégie) et la plupart se sont produits chez des hommes âgés de 25 à 44 ans, pendant les jours de semaine. Le nombre journalier moyen de lésions acceptées pour la province était de 306 (entre 54 et 641 par jour) et le taux de fréquence journalier pour toutes régions combinées était de 8,0 par 100 000 travailleurs (entre 1,4 et 17,5).

Les accidents du travail ont été acceptés surtout dans les secteurs de la *fabrication* (28,9 %), du *commerce de détail et de gros* (13,4 %) et des *soins de santé et assistance sociale* (13,0 %),

suivis de ceux de la *construction* (8,0 %), des *administrations publiques* (5,7 %) et du *transport et entreposage* (5,5 %). Les ouvriers manutentionnaires, les chauffeurs-livreurs, ainsi que les aides-infirmiers sont les professions associées au plus grand nombre de lésions professionnelles pour les accidents du travail.

5.1.2.4 Atteintes respiratoires aiguës

Un total de 598 lésions associées aux atteintes respiratoires aiguës a été accepté par la CSST au Québec entre mai et septembre de 1998 à 2010. Pour 458 d'entre elles, une concentration moyenne d'ozone troposphérique a pu être estimée aux fins d'analyse pour les jours cas et les jours de référence (avec trois ou quatre jours de référence par jour cas) (tableau A-2 en annexe).

Plus de 60 % de ces lésions se sont produites à Montréal et en Montérégie et la majorité des travailleurs dont la lésion a été acceptée étaient des hommes âgés de 25 ans ou plus. Les lésions acceptées les plus fréquentes étaient associées à l'inhalation d'une substance (20,1 %) et à l'exposition à des substances caustiques, nocives ou allergènes (n.c.a. et non précisée) (32,3 %).

L'information sur l'industrie est disponible pour la vaste majorité des lésions (242/252 entre 2003 et 2010) et 10,4 % d'entre elles se retrouvent dans les secteurs dont les activités se déroulent majoritairement à l'extérieur et où les travailleurs ont un potentiel plus important d'exposition à l'ozone troposphérique. À des fins de comparaison, la main-d'œuvre de ces secteurs représente environ 11,4 % des travailleurs québécois.

Tableau 2 : Nombre, compte journalier et taux de fréquence des lésions professionnelles associées à des problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur, à des accidents de travail et à des atteintes respiratoires aiguës (16 régions sociosanitaires du Québec).¹

	Problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur (1998-2010)			Accidents de travail (2003-2010)			Atteintes respiratoires aiguës ² (1998-2010)		
	Nombre (fréquence relative en %)	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	Moyenne (étendue) des taux journaliers par 1 000 000 de travailleurs	Nombre (fréquence relative en %)	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	Moyenne (étendue) des taux journaliers par 100 000 travailleurs	Nombre (fréquence relative en %)	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	Moyenne (étendue) des taux journaliers par 1 000 000 de travailleurs
Bas-Saint-Laurent	8 (3,1)	0,004 (0;2)	0,04 (0,00; 20,88)	10 332 (2,8)	8,44 (0; 25)	8,8 (0,0; 26,6)	13 (2,8)	0,01 (0,00;1,00)	0,07 (0,00;12,22)
Saguenay-Lac-Saint-Jean	21 (8,1)	0,011 (0;1)	0,09 (0,00; 8,44)	14 112 (3,8)	11,53 (0;37)	9,2 (0,0; 28,4)	3 (0,7)	0,00 (0,00;1,00)	0,01 (0,00;8,29)
Capitale-Nationale	14 (5,4)	0,007 (0;2)	0,02 (0,00; 5,31)	36 902 (9,9)	30,15 (3;69)	8,5 (0,8; 20,4)	25 (5,5)	0,01 (0,00;2,00)	0,04 (0,00;5,47)
Mauricie et Centre-du-Québec	22 (8,5)	0,011 (0;2)	0,05 (0,00; 8,88)	23 070 (6,2)	18,85 (0; 53)	8,2 (0,0; 24,0)	29 (6,3)	0,01 (0,00;3,00)	0,07 (0,00;13,69)
Estrie	11 (4,2)	0,006 (0;1)	0,04 (0,00; 7,39)	14 952 (4,0)	12,22 (0;37)	8,2 (0,0; 24,7)	23 (5,0)	0,01 (0,00;1,00)	0,08 (0,00;7,37)
Montréal	60 (23,3)	0,030 (0;4)	0,03 (0,00; 4,32)	104 633 (28,0)	85,48 (14;175)	9,2 (1,5; 19,4)	170 (37,1)	0,09 (0,00;5,00)	0,10 (0,00;6,22)
Outaouais	5 (1,9)	0,003 (0;1)	0,01 (0,00; 6,67)	9 189 (2,5)	7,51 (0;24)	4,1 (0,0; 13,6)	13 (2,8)	0,01 (0,00;1,00)	0,04 (0,00;6,26)
Abitibi-Témiscamingue	4 (1,5)	0,002 (0;1)	0,03 (0,00; 15,72)	7 570 (2,0)	6,18 (0;19)	9,3 (0,0; 29,8)	4 (0,9)	0,00 (0,00;1,00)	0,03 (0,00;15,82)
Côte-Nord	7 (2,7)	0,004 (0;1)	0,06 (0,00; 18,73)	5 647 (1,5)	4,61 (0;14)	8,7 (0,0; 26,8)	-	-	-
Nord-du-Québec	0 (0)	0	0	562 (0,2)	0,46 (0;5)	0,9 (0,0; 8,9)	-	-	-
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	5 (1,9)	0,003 (0;1)	0,07 (0,00; 28,41)	4 118 (1,1)	3,36 (0;13)	9,0 (0,0; 34,9)	-	-	-
Chaudière-Appalaches	18 (6,9)	0,009 (0;2)	0,04 (0,00; 9,02)	25 131 (6,7)	20,53 (0;55)	9,7 (0,0; 26,1)	11 (2,4)	0,01 (0,00;2,00)	0,03 (0,00;11,15)
Laval	15 (5,8)	0,008 (0;2)	0,04 (0,00;10,69)	17 914 (4,8)	14,64 (0;40)	7,6 (0,0; 21,1)	17 (3,7)	0,01 (0,00;1,00)	0,05 (0,00;6,39)
Lanaudière	21 (8,1)	0,011 (0;6)	0,05 (0,00;33,20)	16 923 (4,5)	13,83 (0;37)	6,2 (0,0; 16,6)	14 (3,1)	0,01 (0,00;1,00)	0,03 (0,00;5,71)

	Problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur (1998-2010)			Accidents de travail (2003-2010)			Atteintes respiratoires aiguës ² (1998-2010)		
	Nombre (fréquence relative en %)	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	Moyenne (étendue) des taux journaliers par 1 000 000 de travailleurs	Nombre (fréquence relative en %)	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	Moyenne (étendue) des taux journaliers par 100 000 travailleurs	Nombre (fréquence relative en %)	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	Moyenne (étendue) des taux journaliers par 1 000 000 de travailleurs
Laurentides	9 (3,5)	0,005 (0;1)	0,02 (0,00;4,58)	21 989 (5,9)	17,96 (0;46)	6,8 (0,0; 19,1)	25 (5,5)	0,01 (0,00;3,00)	0,05 (0,00;12,97)
Montérégie	39 (15,1)	0,020 (0;2)	0,03 (0,00;2,91)	61 034 (16,3)	49,86 (3;113)	7,1 (0,4; 16,9)	111 (24,2)	0,06 (0,00;3,00)	0,08 (0,00;4,41)
16 régions combinées	259 (100)	0,130 (0;10)	0,04 (0,00; 2,49)	374 078	306 (54;641)	8,0 (1,4; 17,5)	458	0,23 (0,00;6,00)	0,06 (0,00; 1,84)

¹ La région du Nunavik n’a fait l’objet d’aucune analyse étant donné le faible nombre de lésions et le manque de données sur les variables utiles à la modélisation (données météorologiques et estimation du nombre total de travailleurs pour la région).

² Atteintes respiratoires aiguës pour lesquelles une concentration d’ozone troposphérique a pu être estimée.

5.2 Relation entre la température et les lésions professionnelles acceptées

5.2.1 Problèmes de santé liés à la chaleur

La variable température a été modélisée de façon log-linéaire pour chaque région sociosanitaire (test du rapport de vraisemblance pour la comparaison entre les modèles linéaires simples et les modèles avec spline cubique naturelle (trois nœuds) : $\chi^2(df= 1) = 0,91$; $p= 0,339$) et cette relation était statistiquement significative pour 14 des 15 régions sociosanitaires où il y avait des lésions acceptées, la seule exception étant la région du Bas-Saint-Laurent; les RTI par région sont présentés à l'annexe 4, au tableau A-5. Une augmentation d'approximativement 42 % (estimation combinée de toutes les régions; intervalle de confiance à 95 % 33-52 %) des lésions acceptées pour chaque 1 °C d'augmentation de la température maximale quotidienne a été estimée par le modèle. L'effet de la température des deux journées précédentes ainsi que des moyennes des températures de deux et trois jours était également statistiquement significatif (tableau 3).

Le RTI par augmentation de 1 °C était plus élevé chez les hommes que chez les femmes et les jeunes travailleurs (15-24 et 25-44 ans) en comparaison avec les travailleurs plus âgés. Ces différences n'étaient toutefois pas statistiquement significatives.

La modélisation de l'association entre la température humide et les problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur a révélé un effet supérieur à celui obtenu avec la température sèche dans un modèle ajusté pour l'humidité relative (RTI combiné 1,486; IC 95 % 1,411-1,567).

Tableau 3 : Nombre de lésions, moyenne des comptes journaliers de lésions acceptées pour les problèmes de santé en lien avec une exposition à la chaleur et ratio de taux d'incidence associé à une augmentation de 1 °C de température maximale, par sexe, groupe d'âge et décalages (toutes les régions sociosanitaires du Québec combinées, mai à septembre 1998- 2010)

Classification	Nombre de lésions acceptées (%)	Moyenne des comptes journaliers par région (étendue)	RTI ¹ (IC 95 %)
Toutes les lésions acceptées (16 régions)	259 (100)	0,130 (0;10)	1,419 (1,326-1,520)
Sexe ^{2,3} (6 régions)			
Femmes	45 (17,4)	0,02 (0;4)	1,430 (1,210-1,690)
Hommes	214 (82,6)	0,11 (0;7)	1,409 (1,250-1,589)
Age ^{3,4} (6 régions)			
15-24 ans	35 (13,5)	0,02 (0;4)	1,436 (1,163-1,772)
25-44 ans	149 (57,5)	0,07 (0;6)	1,462 (1,284-1,665)
45 ans ou plus	75 (29,0)	0,04 (0; 3)	1,395 (1,162-1,677)
Effet différé (16 régions)			
Décalage 1	259 (100)	0,130 (0;10)	1,322 (1,255-1,392)
Décalage 2	259 (100)	0,130 (0;10)	1,206 (1,161-1,252)
Moyenne sur 2 jours (décalage 0-décalage 1)	259 (100)	0,130 (0;10)	1,471 (1,373-1,576)
Moyenne sur 3 jours (décalage 0-décalage 1-décalage 2)	259 (100)	0,130 (0;10)	1,464 (1,376-1,557)

IC95% : intervalle de confiance à 95%; RTI : ratio de taux d'incidence; SCIAN: Système de classification des industries de l'Amérique du Nord.

¹ RTI estimés par régression binomiale négative ou de Poisson, avec ajustement pour le jour de la semaine, le mois, l'année, les vacances de la construction, les jours fériés et l'humidité relative.

² RTI estimés avec les données de six régions (Saguenay, Estrie, Montréal, Chaudière-Appalaches, Laval, Montérégie) où il y avait des lésions acceptées pour des problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur dans chacun des sous-groupes et convergence des modèles statistiques après ajustement.

³ Aucune hétérogénéité statistiquement significative observée entre les RTI des groupes comparés.

⁴ RTI estimés avec les données de six régions (Saguenay, Estrie, Montréal, Lanaudière, Laurentides, Montérégie) où il y avait des lésions acceptées pour des problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur dans chacun des sous-groupes et convergence des modèles statistiques après ajustement.

5.2.2 Accidents du travail

Tout comme précédemment, la variable température a été modélisée de façon log-linéaire pour l'ensemble des régions sociosanitaires (test du rapport de vraisemblance pour la comparaison entre les modèles linéaires simples et les modèles avec spline cubique naturelle (trois nœuds) : $\chi^2(\text{dl}= 1) = 0,81$; $p=0,3688$) et un effet statistiquement significatif de la température maximale journalière a été observé sur les comptes journaliers d'accidents du travail pour trois régions sociosanitaires sur 16, soit celles de la Mauricie et Centre-du-Québec, de Montréal et de Laval (les RTI par région sont présentés à l'annexe 4, au tableau A-5). Pour l'ensemble des régions

combinées, une augmentation statistiquement significative de 0,2 % (intervalle de confiance à 95 % de 0,2-0,3 %) des lésions acceptées par augmentation de 1 °C a été observée. Des RTI similaires ont été obtenus pour l'effet de la température des deux journées qui précèdent la lésion acceptée pour indemnisation (décalages 1-2) et l'ampleur de l'effet était plus important lorsque calculé à l'aide des moyennes des températures des jours précédents (tableau 4).

Chez les hommes, une augmentation de 0,3 % des comptes journaliers d'accidents a été observée pour chaque augmentation de 1 °C. Ce pourcentage d'augmentation était supérieur de façon statistiquement significative à celui obtenu pour les femmes (Test de Cochran : χ^2 (dl= 1)= 14,35; $p < 0,0001$). De plus, des différences statistiquement significatives d'effets de la température ont été observées entre les différents groupes d'âge (Test de Cochran : χ^2 (dl= 1)= 41,37; $p < 0,0001$), les plus jeunes (15-24 ans) présentant le RTI le plus élevé (tableau 4).

Tableau 4 : Nombre de lésions, moyenne des comptes journaliers de lésions acceptées pour des accidents du travail et ratio de taux d'incidence associé à une augmentation de 1 °C de température maximale, par sexe, groupe d'âge et décalages (toutes les régions sociosanitaires du Québec combinées, mai à septembre 2003-2010)

Classification	Nombre de lésions acceptées (%)	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	RTI ¹ (IC 95 %)
Toutes les lésions acceptées (16 régions)	374 078 (100)	19,10 (0;175) ³	1,002 (1,002-1,003)
Sexe ² (6 régions)			
Femmes	110 844 (29,6)	5,66 (0;58)	1,000 (0,998-1,003)
Hommes	263 234 (70,4)	13,44 (0;130,0)	1,003 (1,002-1,005)
Âge ² (6 régions)			
15-24 ans	59 668 (16,0)	3,05 (0;37)	1,008 (1,005-1,010)
25-44 ans	178 441 (47,7)	9,11 (0;100)	1,003 (1,001-1,004)
45 ans ou plus	135 969 (36,3)	6,94 (0;83)	1,000 (0,999-1,001)
Effet différé (16 régions)			
Décalage 1	374 078 (100)	19,10 (0;175)	1,001 (1,000-1,002)
Décalage 2	374 078 (100)	19,10 (0;175)	1,001 (1,000-1,002)
Moyenne sur 2 jours (décalage 0-décalage 1)	374 078 (100)	19,10 (0;175)	1,002 (1,001-1,003)
Moyenne sur 3 jours (décalage 0-décalage 1-décalage 2)	374 078 (100)	19,10 (0;175)	1,003 (1,001-1,004)

IC95% : intervalle de confiance à 95%; RTI : ratio de taux d'incidence; SCIAN: Système de classification des industries de l'Amérique du Nord.

¹ RTI estimés à l'aide de régression binomiale négative ou de Poisson, avec ajustement pour le jour de la semaine, le mois, l'année, les vacances de la construction, les jours fériés et l'humidité relative.

² Hétérogénéité statistiquement significative des RTI entre les femmes et les hommes et entre les groupes d'âge.

³ Moyenne des comptes journaliers de 306 (étendue : 54-641) pour la province.

Des variations des comptes journaliers d'accidents du travail (tableau 2) et de leurs associations avec les températures ont été observées entre les secteurs industriels. Une association positive, statistiquement significative, entre la température et le nombre d'accidents a été observée pour

des secteurs dont la majorité des activités se déroulent à l'extérieur, soit ceux du *transport et entreposage*, et de la *foresterie et exploitation forestière*; et également pour d'autres types de secteurs, dont les *services aux entreprises, services relatifs aux bâtiments et autres services de soutien, l'hébergement et services de restauration*, les *administrations publiques* et les *autres services – sauf administrations publiques* (tableau 5). Une fois les données stratifiées par catégorie professionnelle, des augmentations statistiquement significatives des accidents quotidiens associées à l'augmentation de la température ont été observées pour les catégories professionnelles manuelles dans les *services aux entreprises, services relatifs aux bâtiments et autres services de soutien - Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement* et dans les *autres services – sauf administrations publiques*, et pour les catégories professionnelles mixtes et non manuelles dans le *transport et entreposage*, la *foresterie et exploitation forestière*, l'*hébergement et services de restauration*, et *administrations publiques* (tableau 5).

Tableau 5 : Moyenne des comptes journaliers d'accidents du travail et ratio de taux d'incidence associé à une augmentation de 1 °C de température maximale, par secteur industriel et catégorie professionnelle (manuelle, mixte et non manuelle) (toutes les régions sociosanitaires du Québec combinées, mai à septembre 2003-2010)

Secteur industriel (code SCIAN)	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	RTI ^{1,2} (IC 95 %)	Catégorie professionnelle	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	RTI ^{1,3,4} (IC 95 %)
Secteurs dont la majorité des activités se déroulent à l'extérieur					
Agriculture (111-112, 1151-1152)	3,3 (0;12)	1,005 (0,993-1,016)	Manuelle	2,72 (0;11)	1,002 (0,987-1,017)
			Mixte/non manuelle	0,13 (0;2)	1,041 (0,988- 1,096)
Construction (23)	24,3 (0;73)	1,003 (1,000-1,006)	Manuelle	19,36 (0;57)	1,003 (0,999-1,007)
			Mixte/non manuelle	1,19 (0;7)	0,992 (0,980-1,005)
Pêche, chasse et piégeage (114)	0,2 (0;3)	1,001 (0,927-1,082)	Manuelle	0,16 (0;3)	0,997 (0,929-1,069)
			Mixte/non manuelle	0,01 (0;2)	-
Foresterie et exploitation forestière (113, 1153)	2,9 (0;15)	1,011 (1,001-1,020)	Manuelle	1,80 (0;13)	1,004 (0,989-1,019)
			Mixte/non manuelle	0,48 (0;4)	1,025 (1,004-1,048)
Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz (21)	3,1 (0;12)	0,995 (0,984-1,006)	Manuelle	2,37 (0;10)	0,996 (0,988-1,005)
			Mixte/non manuelle	0,29 (0;3)	0,980 (0,955-1,006)
Transport et entreposage (48-49)	16,8 (0;46)	1,005 (1,001-1,009)	Manuelle	10,47 (0;29)	1,002 (0,995-1,009)
			Mixte/non manuelle	3,82 (0;14)	1,007 (1,003-1,011)
Autres secteurs					
Hébergement et services de restauration (72)	14,3 (2;29)	1,007 (1,003-1,010)	Manuelle	4,85 (0;15)	1,005 (0,999-1,012)
			Mixte/non manuelle	7,36 (0;18)	1,006 (1,001-1,012)
Service d'enseignement (61)	7,6 (0;37)	0,994 (0,989-0,999)	Manuelle	1,98 (0;12)	1,008 (0,998-1,018)
			Mixtes/non manuelle	4,44 (0;21)	0,988 (0,981-0,994)
Finances, assurances, immobilier, location (52-53)	3,8 (0;13)	1,009 (0,999-1,019)	Manuelle	1,71 (0;8)	1,013 (0,999-1,027)
			Mixte/non manuelle	1,35 (0;7)	0,999 (0,987-1,011)
Soins de santé et assistance sociale (62)	39,7 (9;73)	0,999 (0,997-1,002)	Manuelle	17,98 (2;39)	1,001 (0,998-1,004)
			Mixte/non manuelle	16,90 (2;38)	0,997 (0,991-1,002)
Industrie de l'information et industrie culturelle; Arts, spectacles et loisirs (51, 71)	5,7 (0;17)	1,004 (0,998-1,010)	Manuelle	2,29 (0;9)	1,002 (0,987-1,017)
			Mixte/non manuelle	2,25 (0;8)	1,007 (0,997-1,016)

Secteur industriel (code SCIAN)	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	RTI ^{1,2} (IC 95 %)	Catégorie professionnelle	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	RTI ^{1,3,4} (IC 95 %)
Services aux entreprises, services relatifs aux bâtiments et autres services de soutien - Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement (55-56)	12,9 (0;43)	1,007 (1,003-1,011)	Manuelle	8,23 (0;26)	1,008 (1,003-1,013)
			Mixte/non manuelle	2,52 (0;21)	1,008 (0,997-1,019)
Fabrication (31-33)	88,2 (3;234)	1,002 (1,000-1,004)	Manuelle	67,84 (1;189)	1,001 (1,000-1,003)
			Mixte/non manuelle	5,22 (0;19)	1,005 (0,999-1,011)
Autres services – sauf administrations publiques (81)	9,8 (0;27)	1,005 (1,001-1,010)	Manuelle	7,20 (0;22)	1,010 (1,002-1,017)
			Mixtes/non manuelles	1,77 (0;9)	0,990 (0,979-1,002)
Services professionnels, scientifiques et techniques (54)	2,2 (0;11)	1,002 (0,992-1,011)	Manuelle	0,53 (0;5)	1,002 (0,982-1,021)
			Mixte/non manuelle	1,10 (0;6)	0,999 (0,986-1,012)
Administrations publiques (91)	17,3 (1;43)	1,008 (1,004-1,011)	Manuelle	6,94 (0;26)	1,003 (0,996-1,010)
			Mixtes/non manuelle	7,18 (0;22)	1,008 (1,003-1,014)
Services publics (22)	1,2 (0;7)	0,987 (0,972-1,003)	Manuelle	0,70 (0;5)	0,979 (0,959-1,000)
			Mixte/non manuelle	0,21 (0;3)	0,998 (0,938-1,062)
Commerce de gros et de détail (41, 44-45)	41,0 (1;99)	1,001 (0,999-1,004)	Manuelle	20,87 (0;62)	1,003 (1,000-1,006)
			Mixte/non manuelle	13,00 (1;33)	1,000 (0,997-1,004)

IC95% : intervalle de confiance à 95%; RTI : ratio de taux d'incidence; SCIAN: Système de classification des industries de l'Amérique du Nord.

¹ RTI estimés à l'aide de régression binomiale négative ou de Poisson, avec ajustement pour le jour de la semaine, le mois, l'année, les vacances de la construction, les jours fériés et l'humidité relative.

² RTI par secteur industriel estimés à l'aide des 16 régions sociosanitaires, sauf pour les secteurs suivants : Agriculture (n=13), Foresterie et exploitation forestière (n=13), Pêche, chasse et piégeage (n=3), Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz (n=13), Services publics (n=14), Industrie de l'information et industrie culturelle ; Arts, spectacles et loisirs (n=15), Services professionnels, scientifiques et techniques (n=15), Services aux entreprises, services relatifs aux bâtiments et autres services de soutien - Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement (n=15).

³ RTI pour les catégories professions manuelles estimés pour 16 régions sociosanitaires, sauf pour les secteurs suivants : Agriculture (n=13), Foresterie et exploitation forestière (n=13), Pêche, chasse et piégeage (n=3), Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz (n=12), Services publics (n=12), Transport et entreposage (n=14), Industrie de l'information et industrie culturelle; Arts, spectacles et loisirs (n=14), Finances, assurances, immobilier, location (n=14), Services professionnels, scientifiques et techniques (n=13), Services aux entreprises, services relatifs aux bâtiments et autres services de soutien – Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement (n=15), Soins de santé et assistance sociale (n=15).

- ³ RTI pour les autres catégories professionnelles (mixtes et non manuelles) estimations pour 16 régions sociosanitaires, sauf pour les secteurs suivants : *Agriculture* (n=8), *Foresterie et exploitation forestière* (n=11), *Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz* (n=9), *Services publics* (n=8), *Transport et entreposage* (n=13), *Industrie de l'information et industrie culturelle; Arts, spectacles et loisirs* (n=14), *Finances, assurances, immobilier, location* (n=14), *Services professionnels, scientifiques et techniques* (n=14), *Services aux entreprises, services relatifs aux bâtiments et autres services de soutien - Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement* (n=14), *Soins de santé et assistance sociale* (n=15).

Des associations positives statistiquement significatives entre la température journalière et le compte journalier d'accidents ont été observées pour les chutes, le contact avec des objets ou des équipements et les expositions à des substances ou environnements nocifs ainsi que pour les autres événements/expositions et inconnus (voir tableau A-6 en annexe).

L'effet de la température sur les accidents du travail était semblable lorsqu'estimé avec la température sèche dans un modèle avec ajustement pour l'humidité relative, ou avec la température humide (RTI toutes régions combinées 1,002; IC 95 % 1,001-1,003; données non présentées).

5.3 Relation entre ozone troposphérique et atteintes respiratoires aiguës

Les rapports de cotes obtenus pour l'association entre les estimations de concentrations d'ozone troposphérique et les lésions professionnelles acceptées pour atteintes respiratoires aiguës sont tous positifs, bien que non significatifs, pour les secteurs industriels dont la majeure partie des activités se déroulent à l'extérieur (tableau 6). Par ailleurs, pour ces secteurs, l'ajustement des modèles pour la température diminue l'association entre les estimations d'ozone et les atteintes respiratoires aiguës et l'interaction entre la température moyenne journalière et l'ozone troposphérique est non significative pour tous les rapports de cotes ($p > 0,24$) (tableau 6).

Tableau 6 : Nombre de jours avec lésions professionnelles acceptées pour des atteintes respiratoires aiguës et rapports de cotes pour chaque 1 ppb d'augmentation des concentrations d'ozone troposphérique, avec et sans ajustement pour la température.¹

Type de moyennes estimées	Nombre de jours avec lésions acceptées (jours)	Toutes les lésions (1998-2010)		Nombre de jours avec lésions acceptées (jours)	Toutes les lésions (2003-2010)		Nombre de jours avec lésions acceptées (jours)	Secteur dont la majorité des activités se déroulent à l'extérieur ³ (2003-2010)	
		RC (IC95 %) ³			RC (IC95 %) ³			RC (IC95 %) ³	
		Non ajusté	Ajusté ⁴		Non ajusté	Ajusté ⁴		Non ajusté	Ajusté ⁴
Moyenne journalière, décalage 0	458	1,00 (0,99; 1,02)	1,00 (0,98;1,02)	252	1,01 (0,98; 1,03)	1,01 (0,98 ; 1,05)	26	1,02 (0,95; 1,10)	0,98 (0,88; 1,09)
Moyenne journalière, décalage 1	458	0,99 (0,98; 1,01)	1,01 (0,99;1,04)	250	1,00 (0,97; 1,02)	1,01 (0,98; 1,05)	26	1,04 (0,96;1,12)	1,01 (0,91;1,12)
Moyenne journalière, décalage 2	444	1,00 (0,99;1,02)	1,01 (0,98; 1,03)	243	1,00 (0,97; 1,03)	1,01 (0,98; 1,05)	23	1,06 (0,98;1,13)	1,05 (0,93;1,18)
Moyenne journalière sur 2 jours, décalages 0 et 1	458	1,00 (0,98;1,02)	1,00 (0,98;1,03)	244	1,00 (0,98;1,03)	1,01 (0,98;1,05)	25	1,03 (0,95; 1,12)	0,98 (0,87; 1,10)
Moyenne journalière sur 3 jours, décalages 0,1,2	458	1,00 (0,98;1,02)	1,01 (0,98;1,04)	230	1,00 (0,97;1,03)	1,01 (0,97; 1,06)	22	1,05 (0,95; 1,16)	0,98 (0,84; 1,15)

IC95% : intervalle de confiance à 95%; ppb : partie par milliard; RC : rapport de cotes.

¹ RC estimé à l'aide de 13 régions sociosanitaires; les jours cas sont ceux qui étaient associés à trois ou quatre jours de référence et pour lesquels nous avons une estimation des concentrations d'ozone les jours cas et les jours de référence.

² RC exprimés pour chaque 1 ppb d'augmentation des concentrations estimées d'ozone troposphérique

³ Secteurs dont la majorité des activités se déroulent à l'extérieur : *Agriculture; Foresterie et exploitation forestière; Construction; Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz; Transport et entreposage.*

⁴ Ajusté pour la température moyenne journalière, évaluée la même journée que les niveaux d'ozone troposphérique.

6. DISCUSSION

Cette étude visait principalement à estimer l'association entre les nombres journaliers de lésions professionnelles acceptées, dont les problèmes de santé reliés à une exposition excessive à la chaleur et les accidents, et la température extérieure journalière en été. L'étude visait également à explorer la relation entre les nombres journaliers d'atteintes respiratoires aiguës acceptées et les concentrations journalières d'ozone au sol, en tenant compte ou non de la température extérieure.

6.1 Effet de la température extérieure

6.1.1 Lésions professionnelles

6.1.1.1 Problèmes de santé liés à la chaleur

Pour l'ensemble des régions combinées, nous avons estimé une augmentation de 42 % (intervalle de confiance à 95 % de 33-55 %) du nombre journalier de lésions acceptées pour des problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur, et ce, pour chaque 1 °C d'augmentation de la température maximale journalière. Ces résultats sont en accord avec les constatations présentées dans l'état des connaissances (section 2) et suggèrent que la chaleur extérieure pourrait être associée à une augmentation de la survenue de maladies reliées à la chaleur au Québec, même à des températures qui ne sont pas extrêmes.

Plus spécifiquement, les fonctions de risque présentées dans notre étude sont semblables à celles rapportées pour les maladies associées à une exposition à la chaleur par le Département de la santé de la Floride avec une augmentation quotidienne du risque de lésions de 20 à 60 % par augmentation de 1 °C de la température maximale.

Notre étude a également mis en évidence un effet différé (température maximale aux décalages 1 et 2), de même qu'un effet cumulatif (moyenne des températures maximales sur deux ou trois jours, décalages 0-1 et 0-2) sur les nombres journaliers de lésions professionnelles pour des maladies associées à la chaleur. Un effet différé de la température avait également été rapporté par le Département de la santé de la Floride (décalage 1 uniquement estimé), et ces résultats correspondent aux conclusions d'une récente revue de la littérature sur l'association entre la température ambiante et la morbidité (pour plusieurs diagnostics non spécifiques) selon lesquelles la majorité des études décrivent des effets néfastes de la température, dans la population générale, jusqu'à trois jours après l'exposition (Ye et collab., 2012).

6.1.1.2 Accidents du travail

Pour l'ensemble des régions combinées, nous avons calculé une augmentation de 0,2 % (intervalle de confiance à 95% de 0,2-0,3 %) du nombre journalier d'accidents du travail acceptés par 1 °C d'augmentation de température maximale journalière. Ces résultats, qui suggèrent que la chaleur extérieure pourrait être associée à des augmentations d'incidence d'accidents du travail au Québec, sont aussi en accord avec les connaissances présentées à la section 2.

Les fonctions de risque développées ici sont semblables à celles rapportées par Xiang et collab. (2014b) pour les accidents du travail acceptés pour indemnisation en Australie (augmentation quotidienne de 0,2 % des accidents pour chaque 1 °C d'augmentation de température maximale journalière). Cependant ces auteurs ont rapporté cette augmentation dans l'intervalle de températures maximales situées entre 14,2 et 37,7°C, alors que l'intervalle de températures de notre étude était de -7,8 à 37,3°C, bien que les lésions se soient produites au-dessus de 5 °C.

La température maximale journalière ne semblait pas exercer d'effet différé, mais un léger effet cumulatif de deux ou trois jours est possible (décalages 0-1 et 0-2) sur les accidents du travail. Xiang et collab. (2014b) n'ont pas trouvé d'effet différé au-dessus des températures seuil, toutes supérieures à 31,8°C.

6.1.2 Groupes vulnérables

Cette étude visait également à identifier les sous-populations, les industries et les professions les plus à risque au Québec. Nous discuterons ci-après des différences de risques sanitaires en lien avec le sexe, les groupes d'âge, les grands secteurs industriels et finalement entre les catégories de professions manuelles et de professions mixtes et non manuelles.

6.1.2.1 Sexe et âge

Les estimations de risque pour les problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur étaient similaires pour les hommes et les femmes, alors que pour les accidents du travail, les risques étaient statistiquement plus élevés chez les hommes. Cette différence avait aussi été observée par Xiang et collab. (2014b). La différence dans la répartition des travailleurs selon le sexe par secteur industriel est probablement l'une des explications de ce phénomène. Au Québec, les hommes constituent près de 70 % de la main-d'œuvre dans les secteurs de l'*agriculture*, la *foresterie*, la *pêche*, les *mines*, l'*extraction de pétrole et de gaz* et la *construction*, alors que les femmes travaillent davantage dans les secteurs où la majorité des activités sont réalisées à l'intérieur, soit dans les services de l'*éducation* et des *soins de santé et d'assistance sociale* (Vézina et collab., 2011).

En ce qui concerne les différences entre groupes d'âge, nous avons également obtenu des estimations de risque similaires pour les problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur; pour les accidents du travail, les estimations de risque étaient statistiquement différentes entre les groupes d'âge et les risques étaient plus élevés chez les jeunes travailleurs (15-24 ans) en comparaison avec les travailleurs plus âgés. Ces constatations sont également en accord avec la littérature qui rapporte aussi une augmentation des risques de maladies associées à une exposition à la chaleur et des risques d'accident en période de chaleur élevée chez les jeunes (Bonauto et collab., 2007; Fogleman et collab., 2005; Maeda et collab., 2006; Xiang et collab., 2014b; Fortune et collab., 2013).

Plusieurs motifs, dont le manque d'expérience, de formation et de compétences ainsi que la désignation pour des tâches ou des emplois qui présentent plus de dangers, peuvent expliquer cette augmentation (Xiang et collab., 2014b; CDC 2010). Dans notre étude, il est possible que le

faible nombre de lésions acceptées par région pour les maladies associées à la chaleur ait limité la possibilité d'observer une différence entre les groupes d'âge. Toutefois, les six travailleurs décédés par hyperthermie durant la période d'étude présentaient tous au moins un facteur aggravant et cinq étaient âgés de moins de 45 ans (CSST, 2002a; 2002b; 2003a; 2003b; 2004; 2006). Les facteurs aggravants, communément rapportés dans la littérature (CDC, 2008; Mirabelli et Richardson, 2005), étaient notamment l'obésité, la prise de médicaments, la méconnaissance de la langue utilisée dans le milieu de travail et la charge de travail variant entre moyenne et élevée.

6.1.2.2 Secteurs industriels

Des variations dans les comptes journaliers de lésions acceptées et dans les associations avec les températures ont été observées entre les secteurs industriels. Aucune fonction de risque n'a pu être calculée par secteur industriel pour les problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur à cause de petits effectifs. Nous avons cependant constaté que les secteurs de la *foresterie*, de la *pêche* et des *mines*, des *administrations publiques* et de la *construction* présentaient les taux les plus élevés de réclamations acceptées pour les problèmes de santé liés à la chaleur (données non présentées). Ces secteurs ont aussi été identifiés dans une étude américaine réalisée dans l'État de Washington (Bonauto et collab., 2007) comme présentant les taux de réclamations acceptées les plus élevés pour des problèmes de santé en lien avec la chaleur, qui ont été définis de façon similaire à notre étude. Les professions les plus fréquemment en cause pour des problèmes liés à la chaleur dans notre étude (manœuvres et manutentionnaires, dont ceux du traitement des métaux, pompiers et conducteurs de camion) étaient les mêmes que dans celle de Bonauto et de ses collaborateurs (2007). Par ailleurs, une récente recherche descriptive sur les réclamations professionnelles pour maladies associées à la chaleur en Ontario a montré que les secteurs *manufacturier*, des *services gouvernementaux*, de la *construction* et du *secteur public* présentaient les proportions les plus importantes de lésions reliées à la chaleur avec perte de temps parmi l'ensemble des lésions (Fortune et collab., 2013).

Pour les accidents du travail, nous avons observé des associations significatives avec la température pour certains secteurs industriels dont la majorité des activités se déroulent à l'extérieur, ce qui concorde avec les résultats de Xiang et collab. (2014b). Ces associations se retrouvent aussi dans des secteurs dont les activités se déroulent à l'intérieur, suggérant que la température extérieure pourrait contribuer aux contraintes thermiques subies par les travailleurs exposés à la chaleur résiduelle des procédés industriels et par ceux dont l'environnement de travail manque de mesures permettant la diminution de l'exposition à la chaleur, par exemple dans les usines de produits textiles, les fonderies et les cuisines.

Finalement, les estimations de risque selon les catégories professionnelles (manuelle ou mixte et non manuelle) au sein d'un même secteur industriel suggèrent que l'effet de la chaleur extérieure sur les accidents du travail varie en fonction de l'intensité de la charge physique, mais pas de façon uniforme. Par exemple, les seules estimations de risque statistiquement significatives à l'intérieur des secteurs industriels avec activités à l'extérieur ont été trouvées pour la catégorie regroupant les professions non manuelles (p. ex. : les directeurs de travaux de construction ou de travaux agricoles, les scientifiques en agriculture ou en géologie, les ingénieurs agricoles) et mixtes (p. ex. : les arpenteurs-géomètres, les contremaîtres en construction, en agriculture ou en

foresterie, les chauffeurs de taxi). Nous n'avons pas trouvé de publications à ce sujet, mais il est possible que ces catégories professionnelles requièrent des tâches psychomotrices plus complexes qui seraient, selon Jay et Kenny (2010), davantage affectées lors d'une exposition à la chaleur que des tâches moins complexes, ce qui pourrait augmenter le risque d'accident. Il est aussi possible que ces professions, qui s'exercent en partie à l'intérieur (possiblement dans des environnements climatisés), ne permettent pas une acclimatation suffisante des travailleurs à la chaleur (Yamazaki, 2013). Les interrelations entre la charge physique de travail et l'effet de la chaleur sur la santé requièrent plus de recherche.

Les effets de la chaleur sur les activités, la performance et la productivité sont complexes et une exposition à la chaleur peut entraîner des effets bénéfiques ou délétères. Par exemple, le travail à la chaleur peut causer une fatigue et une diminution de la vigilance dont les effets entraîneraient indirectement des comportements non sécuritaires. Le travail en ambiance chaude s'accompagne aussi de transpiration, ce qui peut affecter la dextérité. À l'inverse, il est aussi plausible que la chaleur ait un effet bénéfique sur la performance étant donné l'augmentation du débit sanguin aux muscles et de la vigilance due au stress thermique qui stimulerait l'attention et les mouvements des individus (Parsons, 2003).

6.1.3 Paramètres de température

La modélisation de l'association à l'aide de la température humide, plutôt que la température sèche avec ajustement pour l'humidité relative, a révélé des résultats différents selon le type de lésions étudiées. La température humide a produit un RTI un peu plus élevé pour les problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur alors qu'il n'y avait pas de différence d'effet sur les RTI pour les accidents du travail entre la température sèche et la température humide. Nous n'avons pas trouvé d'études qui comparaient les estimations de risque de maladies ou d'accidents obtenues en fonction de ces deux façons de mesurer la température (thermomètre sec ou mouillé). Il est donc difficile de se prononcer sur la mesure la plus sensible, ce qui a d'ailleurs été souligné par Ye et collab. (2012) qui mentionnent l'absence de consensus quant à la sensibilité de différentes mesures de température.

Selon certains auteurs, la sélection de mesures pour un effet sanitaire donné devrait reposer sur la qualité des données, leur intégralité et leur couverture (Barnett et collab., 2010, Lippmann et collab., 2013). En santé du travail, la température au thermomètre-globe mouillé, soit le *Wet-bulb globe temperature* ou WBGT, est l'indice le plus couramment utilisé dans le monde (Parsons, 2003). Cet indice, basé sur l'humidité, la vitesse et la température de l'air ainsi que sur le rayonnement solaire sur l'homme, est l'indicateur le plus inclusif de stress thermique (Santé Canada, 2011) et son utilisation dans nos analyses aurait permis d'obtenir un portrait plus exact de l'effet de la température sur les travailleurs. Toutefois, cet indice n'est pas mesuré de façon routinière par Environnement Canada et ne peut être calculé à partir des données dont nous disposons dans le cadre de cette étude. Des travaux futurs pourraient cependant approfondir l'influence de l'humidité relative sur la relation température-lésions professionnelles, en utilisant par exemple l'humidité relative au moment où les températures maximales se produisent.

6.2 Effet de l'ozone troposphérique

6.2.1 Atteintes respiratoires aiguës

Les relations non ajustées entre la concentration d'ozone troposphérique journalière et les atteintes respiratoires aiguës chez les travailleurs des secteurs industriels dont la majeure partie des activités se déroulent à l'extérieur, quoique positives, n'étaient pas statistiquement significatives. Cette tendance positive, uniquement observée chez les travailleurs de ces secteurs, pourrait s'expliquer par le fait que ceux-ci sont plus exposés aux polluants atmosphériques que les travailleurs qui œuvrent à l'intérieur.

Le manque de spécificité dans la définition des atteintes respiratoires aiguës, le manque de précision dans l'estimation de l'exposition des travailleurs, ainsi que le faible nombre de lésions professionnelles (et de jours cas) peuvent expliquer en partie l'obtention de résultats non concluants. Dans les quelques articles qui ont rapporté des associations positives entre la concentration d'ozone au sol et certains effets respiratoires chez les travailleurs, la diminution des fonctions pulmonaires a été évaluée avec précision à l'aide de la spirométrie (Chang et Wu, 2005; Brauer et collab., 1996; Brauer et Brook, 1997; Thaller et collab., 2008), ou à l'aide de questionnaires portant sur des symptômes spécifiques (p. ex. la rhinite) et où l'exposition des travailleurs avait été évaluée de façon individuelle à l'aide d'échantillonnage personnel (Karakatsani et collab., 2009).

6.2.2 Ajustement pour la température

Pour les mêmes motifs, il est également impossible de conclure sur l'ajustement des modèles avec l'ozone à l'aide de la température moyenne journalière, ni sur l'interaction potentielle entre la température et l'ozone troposphérique. L'ajustement du modèle pour la température maximale modifiait les RTI de façon non systématique, avec des diminutions et des augmentations selon les périodes d'étude et les secteurs industriels ciblés.

Les effets respiratoires d'une exposition simultanée à la chaleur et à l'ozone n'ont pas fait l'objet d'études approfondies ni chez les travailleurs ni chez la population générale et les conclusions sont inconstantes (Reid et collab., 2012). Il est pourtant documenté qu'une interaction toxicologique pourrait survenir lors d'une coexposition. En effet, la chaleur entraîne de nombreuses réponses physiologiques, dont une hausse du taux de ventilation, qui augmenterait simultanément le volume d'air inhalé et la dose d'ozone atteignant l'appareil respiratoire (pour une revue sur les effets des changements physiologiques associés aux contraintes thermiques, voir Truchon et collab., 2013).

6.3 Considérations méthodologiques

Cette étude comporte plusieurs limites reliées notamment aux sources de données utilisées et, pour certaines analyses stratifiées, aux faibles effectifs. Ces limites sont associées à des imprécisions impossibles à quantifier, mais qui n'empêchent pas une interprétation prudente de

résultats qui peuvent être utiles à des fins de surveillance et de prévision d'effets liés aux phénomènes climatiques.

6.3.1 Utilisation du fichier des lésions professionnelles

L'utilisation d'un fichier administratif d'indemnisation des lésions professionnelles permet, par exemple, de déterminer la nature, le genre d'exposition ou l'agent causal des lésions acceptées pour indemnisation, mais offre un niveau de détail insuffisant pour l'étude de certaines lésions spécifiques. Il est possible que ceci ait entraîné certaines erreurs de classement des lésions. Toutefois, le système de classification des lésions de la CSST relevant directement de la norme CSA Z-795, présente l'avantage d'être demeuré pratiquement inchangé tout au long de la période couverte par notre étude.

Les dossiers retrouvés dans ce type de fichier administratif ne concernent que les lésions déclarées à la CSST et acceptées par cette dernière, et le phénomène du sous-dénombrement des lésions professionnelles dans ce type de fichier est connu et détaillé dans plusieurs études (Shannon et Lowe, 2002; Biddle et collab., 1998). De plus, certains secteurs industriels dont les activités se déroulent majoritairement à l'extérieur et ciblés dans notre étude, notamment *l'agriculture*, *la foresterie*, *la pêche* et *la construction*, sont des milieux reconnus pour leur faible taux de déclaration (Fan et collab., 2006). Il est donc possible que les associations retrouvées dans ces secteurs sous-estiment le risque réel de lésions professionnelles en fonction de l'augmentation de la température.

Une troisième limite concerne le manque de précision sur le lieu d'exposition des travailleurs. La base de données ne contient pas d'information géographique précise sur le lieu où s'est produite la lésion professionnelle. Elle fournit seulement le code postal de l'établissement auquel était rattaché le travailleur au moment de l'accident, code postal qui sera utilisé pour faire le lien avec les bases de données de température et de concentrations d'ozone troposphérique. Il est possible que certains travailleurs aient subi une lésion professionnelle à un autre endroit qu'à l'établissement de leur employeur et ceci n'a pas pu être considéré dans les analyses. Ces erreurs de classement sont probablement plus fréquentes dans des secteurs industriels où les employés sont sur la route (p. ex. : transport) et dans ceux où les activités professionnelles peuvent se réaliser loin de l'établissement de l'employeur (p. ex. : foresterie).

Finalement, il était impossible avec les données disponibles de savoir si les lésions survenaient à l'intérieur ou à l'extérieur et si les travailleurs atteints avaient été exposés à une source de chaleur autre que celle liée aux conditions météorologiques (p. ex. : fonderie ou incendie). Nous avons tenté d'atténuer ce manque de données en présentant séparément les secteurs industriels avec des activités majoritairement à l'extérieur et majoritairement à l'intérieur (tableau 5). Il est difficile d'estimer l'importance et la direction de l'effet résultant de ce regroupement imparfait.

Malgré que l'utilisation de données de lésions professionnelles comporte des limites difficilement quantifiables, plusieurs chercheurs considèrent qu'il s'agit d'une source importante à considérer en surveillance (Utterback et collab., 2012).

6.3.2 Données de température et d'humidité et concentrations d'ozone troposphérique

Une limite supplémentaire associée à la mesure de l'exposition à la température maximale porte sur la nature écologique de l'estimation : les données d'une station météorologique par région sociosanitaire ont été utilisées pour estimer la température associée à chaque lésion, puisque la température locale à l'établissement de l'employeur ou même celle associée à un code postal donné n'étaient pas connues. Même si ces stations ont été préalablement identifiées par les experts d'Environnement Canada comme représentatives de la température de leur région, elles peuvent ne pas correspondre adéquatement aux conditions météorologiques à petite échelle.

Comme mentionné précédemment, l'indice WBGT aurait été le meilleur indicateur de stress thermique à utiliser en lien avec le travail puisqu'il tient compte de l'humidité, de la vitesse et de la température de l'air ainsi que du rayonnement solaire. Cependant, cet indice n'est pas mesuré de façon routinière par Environnement Canada. Nous nous sommes donc résolus à utiliser la température maximale entre 9 h et 17 h, en ajustant imparfaitement pour le degré d'humidité avec la valeur horaire d'humidité relative la plus élevée durant la même plage horaire. Aucune donnée n'était disponible sur la vitesse de l'air ou l'ensoleillement sur les lieux de travail. En conséquence, l'estimation du stress thermique n'est pas précis.

Les concentrations moyennes journalières d'ozone troposphérique ont été obtenues non pas directement des données mesurées dans une station météorologique, mais par un modèle de prédiction spatiotemporel. Ce modèle de prédiction, construit à partir des données échantillonnées dans une cinquantaine de stations météorologiques au Québec, a l'avantage de pouvoir prédire dans une zone plus fine que la région sociosanitaire (zone ici délimitée par le code postal) les concentrations attendues d'ozone. Ces estimations d'exposition demeurent cependant de nature écologique, sur une grande échelle spatiale, et ne peuvent être aussi précises que des mesures individuelles.

6.3.3 Modélisation statistique

Les modèles de régression utilisés pour décrire l'association entre la température et les lésions professionnelles nécessitent un ajustement pour les variations dans le nombre de travailleurs à risque de subir ces lésions. Nous disposons de données sur le nombre régional de travailleurs, mais sans distinction de sexe ou de groupe d'âge; nous avons dû nous rabattre sur des estimations provinciales (plutôt que régionales) des nombres mensuels de travailleurs dans ces analyses stratifiées. Comme il est possible que la distribution de la main-d'œuvre par âge et par sexe diffère dans certaines régions par rapport à l'ensemble de la province nous avons réalisé des analyses de sensibilité en omettant le facteur d'ajustement représentant la population à risque dans le modèle de régression (*offset variable*). Les estimations de risque obtenues sont très similaires, suggérant que l'effet de ce facteur est négligeable dans le cadre de ces analyses où la taille de la population varie relativement peu. Des analyses de sensibilité ont aussi été réalisées pour les secteurs dont le facteur d'ajustement pour la population de travailleurs à risque était les nombres mensuels régionaux de travailleurs pour plusieurs secteurs regroupés (voir la section méthodologie) et des conclusions similaires quant à cet ajustement ont été obtenues.

La modélisation des fonctions de risque à partir des données issues d'une région urbaine pour ensuite appliquer ces modèles à toutes les régions peut constituer une autre limite. Afin d'en vérifier les conséquences sur la justesse des modèles, nous avons réalisé des analyses de sensibilité sur les problèmes de santé liés à la chaleur et sur les accidents du travail. Des fonctions de risque ont donc été développées pour deux régions rurales, soit des régions comptant une proportion plus importante de travailleurs en *agriculture*, en *foresterie*, dans les *mines*, la *pêche* et *l'extraction de gaz et de pétrole*. Les fonctions de risque pour une de ces régions étaient identiques à celles développées pour Montréal. Les fonctions obtenues pour l'autre région différaient par la modélisation de la variable année (meilleur ajustement avec un spline cubique selon le test de rapport de vraisemblance) et par une interaction statistiquement significative entre la température et l'humidité (cette dernière annulant l'effet de la température lorsque le terme d'interaction était ajouté au modèle). Étant donné que le paramètre utilisé pour l'humidité relative n'était pas optimal, nous ne pouvons pas conclure quant à la présence ou l'absence d'une réelle interaction entre la température et l'humidité.

Finalement, dans les modèles décrivant les associations entre la température et les lésions professionnelles acceptées, nous avons modélisé la variable température de façon log-linéaire sans seuil car les splines cubiques naturels ne permettaient pas d'obtenir des meilleurs ajustements de ces relations. Dans la littérature, plusieurs formes de fonctions de risque sur le lien entre la température et la morbidité des travailleurs (Florida Department of Health, 2012) ou les accidents de travail (Knapik et collab., 2001; Fogleman et collab., 2005; Morabito et collab., 2006) sont documentées (ex : linéaire, forme en V ou J). Ces différentes formes de relation peuvent s'expliquer par l'étendue et les unités de l'indice de température utilisé ainsi que par l'effet sanitaire et le secteur industriel étudiés. Dans le cadre de notre étude, il est possible que les associations entre la température et les lésions professionnelles acceptées ne soient pas linéaires, et que le manque de précision dans les mesures d'exposition et dans les effets sanitaires ne permette pas de mettre en évidence d'autres formes de fonction de risque.

7. CONCLUSION

Cette étude a montré une association positive entre l'augmentation journalière de la température extérieure et l'estimation du risque journalier de problèmes de santé en lien avec la chaleur, mais aussi du risque d'accidents du travail, ce qui n'avait pas été mis en évidence au Québec. La force de ces associations varie en fonction de l'âge des travailleurs, du secteur industriel et de la catégorie professionnelle et un effet cumulatif de quelques journées chaudes d'affilée semble se manifester sur le risque de maladies en lien avec la chaleur. Les résultats de cette étude laissent envisager que les données de lésions professionnelles pourraient être utilisées comme indicateurs sentinelles pour identifier des sous-groupes de travailleurs plus sujets aux effets de la chaleur estivale.

Une tendance positive entre les atteintes respiratoires aiguës et les estimations de concentrations d'ozone peut être observée, mais la faible puissance statistique de l'étude empêche toute conclusion ferme à ce sujet. Par ailleurs, les prédictions climatiques suggèrent une possible augmentation des concentrations d'autres polluants de l'air extérieur dont les particules de toutes tailles, les composés organiques volatils, les pollens et autres aéroallergènes (moisissures, spores et mycotoxines) (INSPQ, 2012) dans les prochaines décennies (Desjarlais et collab., 2010; GIEC, 2014). La pollution atmosphérique est déjà connue pour augmenter les risques d'un large éventail de maladies, comme les maladies respiratoires et cardiaques, et a été récemment classée comme cancérogène avéré pour le poumon chez l'humain (OMS, 2013). Il y aurait lieu de mieux caractériser l'exposition aux différents polluants atmosphériques chez les travailleurs, notamment chez les plus exposés, soit ceux qui occupent des emplois se pratiquant à l'extérieur sur de longues périodes de temps et demandant un effort physique important.

RÉFÉRENCES

Adam-Poupart A, Labrèche F, Smargiassi A, et al. 2012. *Impacts des changements climatiques sur la santé et la sécurité des travailleurs*. Montréal, Canada: Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Rapport No. R-775. 35p.

Adam-Poupart A, Brand A, Fournier M, et al. 2013. *Estimation de l'exposition environnementale à l'ozone troposphérique : un exemple de modélisation pour la population québécoise*. Institut national de santé publique du Québec. INSPQ. N° de publication : 1680. ISBN : 978-2-550-68444-2. 15p.

Adam-Poupart A, Brand A, Fournier M, et al. 2014. Spatiotemporal Modeling of Ozone Levels in Quebec (Canada): A Comparison of Kriging, Land Use Regression (LUR), and Combined Bayesian Maximum Entropy-LUR Approaches. *Environ Health Perspect*. [Epub ahead of print]

Apte MG, Buchanan IS, Mendell MJ. 2008. Outdoor ozone and building-related symptoms in the BASE study. *Indoor Air*. 18(2): 156-170.

Beckerman B, Jerret M, Brook JR, et al. 2008. Correlation of nitrogen dioxide with other traffic pollutants near a major expressway. *Atmos Environ*. 42(2): 275-290.

Biddle J, Roberts K, Rosenman KD et al. 1998. What Percentage of Workers With Work-Related Illnesses Receive Workers' Compensation Benefits? *J Occup Env Med*. 40(4): 325-331.

Bonauto D, Anderson R, Rauser E, et al. 2007. Occupational heat illness in Washington State, 1995–2005. *Am J Ind Med*. 50 (12): 940-950.

Brauer M, Blair J, Vedal S, et al. 1996. Effect of ambient ozone exposure on lung function in farm workers. *Am J Respir Crit Care Med*. 154(4): 981-987.

Brauer M et Brook JR. 1997. Ozone personal exposures and health effects for selected groups residing in the Fraser Valley. *Atmos Environ*. 31(14) : 2113-2121.

Borenstein M, Hedges L, Higgins J, et al. 2010. A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis. *Res Synth Methods* 1(2) : 97-111.

Brogmus GE. 2007. Day of the week lost time occupational injury trends in the US by gender and industry and their implications for work scheduling. *Ergonomics* 50(3) : 446-474.

Buisson C, 2009. *Impact sanitaire de la vague de chaleur de l'été 2006 en milieu de travail – Résultats d'une étude par questionnaire mise en place en médecine du travail*. Saint-Maurice (France) : Institut de veille sanitaire. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL : http://www.invs.sante.fr/publications/2009/canicule_2006_travail/rapport_canicule_2006_travail.pdf Dernier accès: Avril 2014.

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. 2008. "Heat-Related Deaths Among Crop Workers, United States, 1992-2006". [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5724a1.htm> Dernier accès : Avril 2014

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. 2010. "Occupational injuries and deaths among young workers". [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5915a2.htm>. Dernier accès: Avril 2014.

Chang CC et Wu TH, 2005. Effects of Ambient Ozone Exposure on Mail Carriers' Peak Expiratory Flow Rates. *Environ Health Perspect.* 113:735-738.

CSST. 2002a. Direction régionale de l'Abitibi-Témiscamingue. « Rapport d'enquête d'accident : accident mortel survenu à un travailleur, à l'emploi de Aménagement Quatre-Temps Inc., le 15 juin 2001 en forêt dans le secteur du Lac Madeleine au nord de Lebel-sur-Quévillon ». Cote EN-003313. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.centredoc.csst.qc.ca/Zones/?fn=ViewNotice&q=174478>. Dernier accès : Avril 2014

CSST. 2002b. Direction régionale de l'Estrie. « Rapport d'enquête d'accident : accident mortel survenu à un travailleur le 14 juin 2001 à l'usine de sciage de Scierie Tech Inc. à Lac-Drolet ». Cote EN-003326. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.centredoc.csst.qc.ca/Zones/?fn=ViewNotice&q=175129>. Dernier accès : Avril 2014

CSST. 2003a. Direction régionale de Lanaudière. « Rapport d'enquête d'accident : accident mortel survenu à un travailleur le 3 juillet 2002 à la Ferme Riviera Poirier Inc. à Sainte-Élizabeth ». Cote EN-003369. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.centredoc.csst.qc.ca/Zones/?fn=ViewNotice&q=178222>. Dernier accès : Avril 2014

CSST. 2003b. Direction régionale de Lanaudière. « Rapport d'enquête d'accident : accident mortel survenu à un travailleur, à l'emploi de Construction PCSD Inc., le 20 juin 2002 au chantier de construction situé au 1930, chemin Gascon à Terrebonne ». Cote EN-003377. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.centredoc.csst.qc.ca/Zones/?fn=ViewNotice&q=179170>. Dernier accès : Avril 2014

CSST. 2004. Direction régionale de Longueuil. « Rapport d'enquête d'accident : accident mortel survenu à un travailleur, à l'emploi de Paysagiste L.D.G. Inc., le 13 août 2003, au 505, Chemin-du-Lac à Boucherville ». Cote EN-003441. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.centredoc.csst.qc.ca/Zones/?fn=ViewNotice&q=184437>. Dernier accès : Avril 2014

CSST. 2006. Direction régionale de l'Abitibi-Témiscamingue. « Rapport d'enquête d'accident : accident mortel survenu à un travailleur de Géosig Inc. le 12 juillet 2005, en forêt, dans le canton de Galinée près de Matagami ». Cote EN-003604. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.centredoc.csst.qc.ca/Zones/?fn=ViewNotice&q=193937>. Dernier accès : Avril 2014

Desjarlais C et Blondlot A, 2010. *Savoir s'adapter aux changements climatiques*. OURANOS, Montréal. 124 p. [En ligne]. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: http://www.ouranos.ca/fr/pdf/53_ssc21_06_lr.pdf Dernier accès : Avril 2014

Donoghue AM, Sinclair M J, Bates GP. 2000. Heat exhaustion in a deep underground metalliferous mine. *Occup Environ Med.* 57(3): 165-174.

Donoghue A. 2004. Heat illness in the US mining industry. *Am J Ind Med.* 45(4): 351-356.

Environnement Canada. EC. 2013. “MANOBS - Manual of Surface Weather Observations- Chapter 5- Temperature.” [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.ec.gc.ca/manobs/default.asp?lang=En&n=35630D08-1>. Dernier accès : Avril 2014

Fan Z J, Bonauto DK, Foley MP, et al. 2006. Underreporting of work-related injury or illness to workers' compensation: individual and industry factors. *J Occup Environ Med.* 48(9): 914-922.

Florida Department of Health. Division of Disease Control and Health Protection. Bureau of Epidemiology. 2012. *Assessing the relationship of ambient temperature and heat related illness in Florida: implications for setting heat advisories and warnings Pilot study of Orlando and the surrounding area.* Juin 2012.

Fogleman M, Fakhrzadeh L, Bernard TE. 2005. The relationship between outdoor thermal conditions and acute injury in an aluminum smelter. *Int J Ind Ergonom.* 35(1): 47-55.

Fortune MK, Mustard CA, Etches JJ, et al. 2013. Work-attributed Illness Arising From Excess Heat Exposure in Ontario, 2004-2010. *Can J Public Health.* 104(5):e420-426.

Grandjean AC, Grandjean NR, 2007. Dehydration and cognitive performance. *J Am Coll Nutr.* 26(5 Suppl): 549-54.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report.* Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. 104, IPCC, Geneva, (Switzerland).

GIEG. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 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, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

GIEG. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2014. *Chapter 11. Human Health: Impacts, Adaptation, and Co-Benefits in Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 69p. IPCC, Geneva, (Switzerland).

Gouvernement du Québec. 2013. *Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles* RLRQ c A-3.001. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.canlii.org/fr/qc/legis/lois/rlrq-c-a-3.001/derniere/rlrq-c-a-3.001.html>
Dernier accès : Mai 2014

Hébert F, Duguay P, Massicote P, et al. 1996. *Révision des catégories professionnelles utilisées dans les études de l'IRSST portant sur les indicateurs quinquennaux de lésions professionnelles*. Montréal, Canada: Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Rapport No. R-137. 54p.

Hoppe P, Praml G, Rabe G, et al. 1995. Environmental ozone field study on pulmonary and subjective responses of assumed risk groups. *Environ Res.* 71(2) : 109-121.

INRS. Institut national recherche et de sécurité. 2009. « Travailler par de fortes chaleurs en été ». [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=DW%2061>.
Dernier accès : Avril 2014.

INSPQ. Institut national de santé publique du Québec. 2012. *Bilan de la qualité de l'air au Québec en lien avec la santé, 1975-2009*. ISBN : 978-2-550-64546-7 (imprimée), ISBN : 978-2-550-64547-4 (PDF), 48 p. et 3 annexes

Jay O, Kenny GP. 2010. Heat exposure in the Canadian workplace. *Am J Ind Med.* 53(8): 842-853.

Karakatsani A, Kapitsimadis F, Pipikou M, et al. 2009. Ambient air pollution and respiratory health effects in mail carriers. *Environ Res.* 110 (3): 278–285.

Kaufman JS et MacLehose RF. 2013. Which of these things is not like the others? *Cancer* 119: 4216–4222. doi: 10.1002/cncr.28359.

Kjellstrom T, Gabrysch S, Lemke B, et al. 2009. The 'Hothaps' programme for assessing climate change impacts on occupational health and productivity: an invitation to carry out field studies. *Glob Health Action.* 2: 10-17.

Knapik JJ, Canham-chervak M, Hauret K, et al. 2002. Seasonal variations in injury rates during US Army Basic Combat Training. *Ann Occup Hyg.* 46(1): 15-23.

LoVecchio F, Pizon AF, Berrett C, et al. 2007. Outcomes after environmental hyperthermia. *Am J Emerg Med.* 25(4): 442-444.

Maclure M, 1991. The case-crossover design: a method for studying transient effects on the risk of acute events. *Am J Epidemiol.* 133:144–153.

Maeda T, Kaneka SY, Ohta M, et al. 2006. Risk factors for heatstroke among Japanese forestry workers. *J Occup Health.* 48(4): 223-229.

Martel B, Giroux JX, Gosselin P, et al. 2010. *Indicateurs et seuils météorologiques pour les systèmes de veille-avertissement lors de vagues de chaleur au Québec*. Institut national de la recherche scientifique et Institut national de santé publique du Québec. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL:

http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1151_IndicVeilleAvertissementVagueChaleur.pdf.

Dernier accès : Avril 2014.

Mbanu I, Wellenius GA, Mittleman M A et al. 2007. Seasonality and coronary heart disease deaths in United States firefighters. *Chronobiol Int*. 24(4): 715-726.

MDDEP.Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 2002. « L'ozone et les particules fines: État de situation au Québec et éléments d'intervention. » [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: http://www.mddep.gouv.qc.ca/air/particules_ozone/etat.htm Dernier accès : Avril 2014.

Mirabelli MC et Richardson DB, 2005. Heat-related fatalities in North Carolina. *Am J Public Health*. 95(4):635-637.

Morabito M, Cecchi L, Crisci A, et al. 2006. Relationship between work-related accidents and hot weather conditions in Tuscany (central Italy). *Ind Health*. 44(3): 458-464.

Nag PK et Nag A. 2001. Shiftwork in the hot environment. *J Hum Ergol*. 30(1-2):161-166.

National Oceanic and Atmospheric Administration. 2010. "Heat waves. A major summer Killer". [En ligne]. Disponible à l'adresse URL:

<http://www.nws.noaa.gov/om/brochures/heatwave.pdf>. Dernier accès : Avril 2014.

OMS. Organisation mondiale de la santé. 2013. « La pollution atmosphérique une des premières causes environnementales de décès par cancer, selon le CIRC ». Communiqué de presse N°221. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL : http://www.iarc.fr/fr/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221_F.pdf Dernier accès : Avril 2014.

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

Ramsey JD, 1995. Task performance in heat: a review. *Ergonomics*. 38(1) : 154-165.

Reid CE, Snowden JM, Kontgis C, et al. 2012. The role of ambient ozone in epidemiologic studies of heat-related mortality. *Environ Health Perspect*. 120(12) : 1627-1630.

Santé Canada, 2008. *Santé et Changements climatiques : Évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada*. Publications du Gouvernement du Canada. 546 p.

Santé Canada, 2011. *Lignes directrices à l'intention des travailleurs de la santé pendant les périodes de chaleur accablante : Un guide technique*. Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa, Ontario, 165p.

Shannon HS et Lowe GS, 2002. How many injured workers do not file claims for workers' compensation benefits?. *Am J Ind Med*. 42(6): 467-473.

Tanaka M, 2007. Heat stress standard for hot work environments in Japan. *Ind Health*. 45(1): 85-90.

Tawatsupa B, Lynette LY Lim, Kjellstrom T, et al. 2010. The association between overall health, psychological distress, and occupational heat stress among a large national cohort of 40,913 Thai workers. *Glob Health Action*. 3: 10-20.

Thaller EI, Petronella SA, Hochman D, et al., 2008. Moderate increases in ambient PM_{2.5} and ozone are associated with lung function decreases in beach lifeguards. *J Occup Environ Med*. 50(2): 202-211.

Tison M, 2004. Contraintes thermiques : Alerte chaude! *Prévention au travail* 17(2):7-14.

Truchon G, Zayed J, Bourbonnais R et al. 2013. *Contraintes thermiques et substances chimiques. Bilan des connaissances et emplois les plus à risque au Québec*. Montréal, Canada: Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Rapport No. R-799. 62p.

Utterback DF, Schnorr TM, Silverstein BA, Spieler EA, Leamon TB, Amick BC 3rd. 2012. Occupational health and safety surveillance and research using workers' compensation data. *J Occup Environ Med* 54(2) : 171-176.

Vézina M, Cloutier E, Stock S, et al. 2011. *Enquête québécoise sur des conditions de travail, d'emploi et de SST (EQCOTESST) – Sommaire*. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail, Institut national de santé publique du Québec and Institut de la statistique du Québec. Rapport RR-707. 50p.

Xiang J, Peng Bi, Dino P, et al. 2014a. Health Impacts of Workplace Heat Exposure: An Epidemiological Review. *Ind Health*. 29;52(2):91-101.

Xiang J, Peng Bi, Dino P, et al. 2014b. Association between high temperature and work-related injuries in Adelaide, South Australia, 2001–2010. *Occup Environ Med*. 71(4):246-252.

Yamazaki F. 2013. Effectiveness of Exercise-Heat Acclimation for Preventing Heat Illness in the Workplace. *J UOEH*. 35(3):183-192.

Ye X, Wolff R, Yu W, et al. 2012. Ambient temperature and morbidity: a review of epidemiological evidence. *Environ Health Perspect*. 120(1): 19-28.

ANNEXE 1

Développement du modèle spatiotemporel de prédiction des concentrations d'ozone sur le territoire québécois

Ce modèle a été développé en deux étapes.

Tout d'abord, un modèle de régression mixte de type "Land Use" dont l'objectif était de prédire les concentrations d'ozone sur le territoire québécois à partir des données d'une cinquantaine de stations d'échantillonnage du programme de surveillance de la qualité de l'air du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) de 1990 à 2009 a été élaboré à l'aide de plusieurs variables géoréférencées dont la température, les précipitations, le jour de l'année, l'année, une estimation de la densité du trafic routier et la latitude. Lorsque comparé aux concentrations réelles mesurées aux stations d'échantillonnage, ce modèle avait un R^2 de 0,466 et une erreur type (racine carrée de l'erreur quadratique moyenne) de 8,747 ppb.

Par la suite, la méthodologie de type *Bayesian Maximum Entropy* a été utilisée pour intégrer les informations observées (soit les données du réseau de stations d'échantillonnage du programme de surveillance de la qualité de l'air du MDDEFP de 1990 à 2009) et les informations estimées (les estimations et les incertitudes du modèle de régression mixte de type "Land Use") afin de calculer une pondération associée à chacune des concentrations mesurées aux stations d'échantillonnage. Cette méthode a permis de fournir une estimation de l'exposition en termes de probabilité à tous les points de la surface étudiée. Lorsque comparé aux concentrations réelles mesurées aux stations d'échantillonnage, le modèle final, dont les estimations ont été utilisées pour déterminer l'exposition des travailleurs, avait un R^2 de 0,653 et une erreur type (racine carrée de l'erreur quadratique moyenne) de 7,06 ppb.

De plus amples informations sur la modélisation de l'exposition environnementale de la population québécoise à l'ozone troposphérique se retrouvent dans Adam-Poupart et collab. 2013 et 2014.

ANNEXE 2

Tableau A-1 : Moyenne et étendue des températures maximales journalières et des concentrations moyennes journalières d'ozone troposphérique (mai à septembre 1998-2010)

	Température maximale journalière (°C)	Concentration journalière d'ozone (ppb)
	Moyenne (étendue)	Moyenne (étendue)
Bas-Saint-Laurent	19,4 (0,7; 34,3)	29,3 (22,3; 36,8)
Saguenay-Lac-Saint-Jean	20,1 (1,8; 37,0)	30,4 (22,8; 39,6)
Capitale-Nationale	21,1 (2,6; 33,9)	27,8 (13,8; 44,4)
Mauricie et Centre-du-Québec	20,8 (4,4; 33,4)	26,2 (15,5; 47,5)
Estrie	21,5 (4,0; 33,8)	27,9 (15,8; 40,1)
Montréal	22,5 (4,8; 35,1)	26,3 (7,8; 50,3)
Outaouais	21,3 (2,3; 34,9)	26,9 (11,7; 50,1)
Abitibi-Témiscamingue	19,7 (-1,7; 35,9)	25,3 (16,1; 37,0)
Côte-Nord	16,8 (1,3; 30,1)	-
Nord-du-Québec	15,5 (-7,8; 37,3)	-
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	15,0 (1,6; 29,7)	-
Chaudière-Appalaches	20,9 (2,2; 33,6)	33,1 (23,5; 40,5)
Laval	22,5 (4,8; 35,1)	26,4 (14,3; 39,6)
Lanaudière	22,5 (3,8; 34,5)	28,2 (15,7; 53,9)
Laurentides	21,5 (2,2; 35,6)	32,7 (15,0; 46,2)
Montérégie	22,6 (4,2; 34,7)	31,8 (13,9; 59,8)
Toutes les régions combinées	20,2 (-7,8; 37,3)	28,5 (7,8; 59,8)

Ppb : partie par milliard

ANNEXE 3

Tableau A-2 : Caractéristiques sociodémographiques des travailleurs ayant subi un problème de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur, un accident du travail ou une atteinte respiratoire aiguë (mai à septembre)

	Problème de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur (1998-2010)		Accident du travail (2003-2010)		Atteinte respiratoire aiguë ¹ (1998-2010)	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Total	259	100	374 078	100	458	100
Sexe						
Femme	45	17,4	110 844	29,6	197	43,0
Homme	214	82,6	263 234	70,4	261	57,0
Age						
15-24 ans	35	13,5	59 668	16,0	51	11,1
25-44 ans	149	57,5	178 441	47,7	246	53,7
45 ans ou plus	75	29,0	135 969	36,3	161	35,2
Secteur industriel (2003-2010)²						
Agriculture	4	2,2	4054	1,1	7	2,8
Foresterie et exploitations forestières	8	4,5	3504	0,9	0	0
Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz	3	1,7	3751	1,0	1	0,4
Pêche, chasse et piégeage	0	0	222	0,1	0	0
Construction	19	10,7	29 784	8,0	11	4,4
Fabrication	53	29,8	107 940	28,9	78	31,0
Services publics	0	0	1418	0,4	2	0,8
Commerce de gros et de détail	8	4,5	50 159	13,4	26	10,3
Transport et entreposage	6	3,4	20 603	5,5	7	2,8
Industrie de l'information et industrie culturelle ; Arts, spectacles et loisirs	4	2,2	6988	1,9	2	0,8
Services professionnels, scientifiques et techniques	3	1,7	2652	0,7	5	2,0
Services aux entreprises, services relatifs aux bâtiments et autres services de soutien	12	6,7	15 732	4,2	10	4,0
Soins de santé et assistance sociale	7	3,9	48 576	13,0	62	24,6
Service d'enseignement	0	0	9360	2,5	11	4,4
Finances, assurances, immobilier, location	0	0	4615	1,2	3	1,2
Hébergement et services de restauration	1	0,6	17 543	4,7	5	2,0
Autres services- sauf administrations publiques	4	2,2	11 959	3,2	4	1,6
Administrations publiques	37	20,8	21 152	5,7	8	3,2
Non classé	9	5,1	14 066	3,8	10	4,0

¹ Atteintes respiratoires aiguës pour lesquelles une concentration d'ozone troposphérique a pu être estimée.

² Ce n'est que depuis 2003 que la CSST utilise la classification SCIAN; le nombre de lésions acceptées pour les problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur entre 2003 et 2010 est de 178 et celui pour les atteintes respiratoires aiguës est de 252. Les accidents du travail ont été considérés pour la période de 2003 à 2010 seulement, comme discuté à la section 5.2.2.

Tableau A-3 : Caractéristiques temporelles des problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur, des accidents du travail et des atteintes respiratoires aiguës (mai à septembre)

	Problème de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur (1998-2010)		Accident du travail (2003-2010)		Atteinte respiratoire aiguë ¹ (1998-2010)	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Jour de la semaine						
Lundi	46	17,8	73 475	19,6	98	21,4
Mardi	68	26,3	74 988	20,0	95	20,7
Mercredi	65	25,1	71 126	19,0	88	19,2
Jeudi	34	13,1	66 038	17,7	79	17,2
Vendredi	32	12,4	52 236	14,0	61	13,3
Samedi	5	1,9	19 885	5,3	13	2,8
Dimanche	9	3,5	16 330	4,4	24	5,2
Mois						
Mai	14	5,4	74 617	19,9	118	25,8
Juin	58	22,4	72 142	19,3	87	19,0
Juillet	101	39,0	69 225	18,5	63	13,8
Août	71	27,4	79 542	21,3	100	21,8
Septembre	15	5,8	78 552	21,0	90	19,7
Année						
1998	10	3,9			59	12,9
1999	9	3,5			33	7,2
2000	4	1,5			41	9,0
2001	28	10,8			48	10,5
2002	30	11,6			25	5,5
2003	25	9,7	54 901	14,7	45	9,8
2004	16	6,2	53 612	14,3	32	7,0
2005	42	16,2	51 424	13,7	30	6,6
2006	16	6,2	49 552	13,2	30	6,6
2007	17	6,6	45 757	12,2	27	5,9
2008	10	3,9	43 004	11,5	27	5,9
2009	8	3,1	38 120	10,2	41	9,0
2010	44	17,0	37 708	10,1	20	4,4
Journée fériée						
Oui	3	1,2	4603	1,2	5	1,1
Non	256	98,8	369 475	98,8	453	98,9
Vacances de la construction						
Oui	35	13,5	27 859	7,4	22	4,8
Non	224	86,5	346 219	92,6	426	93,0

¹ Atteintes respiratoires aiguës pour lesquelles une concentration d'ozone troposphérique a pu être estimée.

Tableau A-4 : Caractéristiques (natures et genres) des lésions acceptées**a) Lésions acceptées pour les problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur (1998-2010)**

	Problème de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur	
	Nombre	%
Total	259	100
Nature		
Effet de la chaleur ou de la lumière, non précisé	7	2,7
Coup de chaleur	14	5,4
Syncope due à la chaleur	38 ¹	14,7
Effets multiples de la chaleur ou de la lumière	4 ¹	1,5
Effet de la chaleur ou de la lumière, n.c.a.	196 ²	75,7
Genre		
Contact avec des températures extrêmes, non précisé	244	94,2
Exposition aux changements dans la pression d'air, non précisé	1	0,4
Inconnu, ne peut être classifié	14	5,4

n.c.a. : non classé ailleurs.

¹ Inclut un décès.² Inclut quatre décès.

b) Accidents du travail (2003-2010)

	Accident du travail	
	Nombre	%
Total	374 078	100,0
Nature		
Entorse ou foulure	141 750	37,9
Ecchymose, contusion	43 429	11,6
Plaie ouverte, non précisée et n.c.a.	36 919	9,9
Nature non codée	27 376	7,3
Maladie ou trouble du système musculo-squelettique ou du tissu conjonctif (sauf dos)	26 673	7,1
Fractures	22 565	6,0
Autre maladie	15 906	4,3
Affection du rachis (dos), non précisée et n.c.a.	9 317	2,5
Blessures ou troubles traumatiques multiples	8 530	2,3
Brûlure	8 016	2,1
Plaie ou contusion superficielle	6 408	1,7
Nature inconnue	6 076	1,6
Trouble de l'œil (conjonctivite)	6 050	1,6
Corps étranger	5 537	1,5
Trouble ou syndrome mental	3 976	1,1
Douleur (sauf au dos)	3 873	1,0
Autres blessures	1 504	0,4
Trouble de l'oreille	173	0,0
Genre		
Accident de la route	5 848	1,6
Chute; glisser, trébucher, perdre l'équilibre sans tomber	57 709	15,4
Contact avec des objets ou de l'équipement, non précisé et n.c.a.	114 472	30,6
Exposition à des substances ou à des environnements nocifs, non précisée et n.c.a.	18 748	5,0
Effort excessif, mouvement répétitif et autre réaction du corps ¹	138 496	37,0
Autre événement et exposition et genre inconnu	38 805	10,4

n.c.a. : non classé ailleurs

¹ Les « autres réactions du corps » réfèrent aux réactions autres que glisser ou trébucher sans tomber, imputables à un libre mouvement du corps ayant causé un stress ou une tension à une partie du corps.

c) Atteintes respiratoires aiguës¹ (1998-2010)

	Atteinte respiratoire aiguë	
	Nombre	%
Total	458	100,0
Nature		
Maladie de l'appareil respiratoire, non précisée	16	3,5
Atteinte respiratoire aiguë	58	12,7
Maladie des voies respiratoires supérieures, non précisée	6	1,3
Rhinite allergique	12	2,6
État chronique des voies respiratoires supérieures	10	2,2
Maladie des voies respiratoires supérieures, n.c.a.	10	2,2
Pneumonie ou grippe, non précisée	1	0,2
Pneumonie	12	2,6
Grippe	33	7,2
Maladie du légionnaire	3	0,7
Pneumonie, grippe, n.c.a.	11	2,4
Bronchopneumopathie obstructive chronique ou état apparenté, non précisé	4	0,9
Bronchite	34	7,4
Emphysème	1	0,2
Asthme	116	25,3
Alvéolite allergique extrinsèque ou pneumonite (y compris maladie du poumon de fermier, bagassose)	2	0,4
Maladie pulmonaire obstructive chronique (M.P.O.C.)	3	0,7
Bronchopneumopathie obstructive chronique ou état apparenté, n.c.a.	17	3,7
Amiantose	4	0,9
Silicose	1	0,2
Bérylliose	1	0,2
Pneumoconiose, n.c.a.	1	0,2
Byssinose	2	0,4
Fièvre des fondeurs	4	0,9
Pneumopathie, n.c.a.	1	0,2
Pneumonite, n.c.a.	10	2,2
Œdème pulmonaire	3	0,7
Fibrose pulmonaire	1	0,2
R.A.D.S. (asthme induit par des irritants)	44	9,6
Autres maladies de l'appareil respiratoire, n.c.a.	37	8,1
Genre		
Autres événements ou expositions	3	0,7
Contact avec la peau ou d'autres tissus exposés	15	3,3
Effort excessif, n.c.a.	1	0,2
État corporel, n.c.a.	2	0,4
Exposition à des substances, environnements nocifs, non précisée	18	3,9
Exposition à des substances caustiques, nocives ou allergènes, n.c.a.	71	15,5
Exposition à des substances caustiques, nocives ou allergènes, non précisée	77	16,8
Exposition à des substances ou environnements nocifs, n.c.a.	59	12,9
Inhalation dans un espace fermé, restreint ou confiné	40	8,7
Inhalation dans un espace ouvert, non confiné	67	14,6
Inhalation d'une substance, non précisée	92	20,1
Ne peut être classifié, inconnu	10	2,2
Réaction du corps et effort, n.c.a.	3	0,7

n.c.a. : non classé ailleurs

¹ Atteintes respiratoires aiguës pour lesquelles une concentration d'ozone troposphérique a pu être estimée.

ANNEXE 4

Tableau A-5 : Moyenne des comptes journaliers de problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur et d'accidents du travail et ratio de taux d'incidence associé à une augmentation de 1 °C de température maximale (mai à septembre)

	Problème de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur (1998-2010)			Accident du travail (2003-2010)		
	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	RTI ¹	IC (95 %)	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	RTI ¹	IC (95 %)
Bas-Saint-Laurent	0,004 (0;2)	1,165	0,885-1,532	8,44 (0; 25)	1,000	0,996-1,005
Saguenay-Lac-Saint-Jean	0,011 (0;1)	1,171	1,062-1,291	11,53 (0;37)	1,001	0,997-1,005
Capitale-Nationale	0,007 (0;2)	1,428	1,214-1,680	30,15 (3;69)	1,002	0,999-1,005
Mauricie et Centre-du-Québec	0,011 (0;2)	1,280	1,099-1,490	18,85 (0; 53)	1,007	1,003-1,011
Estrie ²	0,006 (0;1)	1,397	1,131-1,726	12,22 (0;37)	1,005	1,000-1,009
Montréal	0,030 (0;4)	1,482	1,360-1,614	85,48 (14;175)	1,002	1,001-1,004
Outaouais ²	0,003 (0;1)	1,751	1,000-3,065	7,51 (0;24)	1,003	0,998-1,008
Abitibi-Témiscamingue ²	0,002 (0;1)	1,348	1,057-1,720	6,18 (0;19)	1,004	0,999-1,009
Côte-Nord	0,004 (0;1)	1,448	1,152-1,821	4,61 (0;14)	1,004	0,996-1,011
Nord-du-Québec	0	0	0	0,46 (0;5)	0,999	0,982-1,017
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	0,003 (0;1)	1,546	1,091-2,191	3,36 (0;13)	0,991	0,980-1,002
Chaudière-Appalaches	0,009 (0;2)	1,413	1,227-1,627	20,53 (0;55)	1,002	0,999-1,005
Laval	0,008 (0;2)	1,754	1,419-2,168	14,64 (0;40)	1,005	1,001-1,009
Lanaudière	0,011 (0;6)	1,816	1,450-2,274	13,83 (0;37)	1,000	0,996-1,003
Laurentides	0,005 (0;1)	1,313	1,092-1,579	17,96 (0;46)	1,003	1,000-1,006
Montérégie	0,020 (0;2)	1,553	1,394-1,730	49,86 (3;113)	1,002	1,000-1,004
Toutes les régions sociosanitaires	0,130 (0;10)	1,405	1,350-1,464	19,10 (0;175)	1,002	1,002-1,003

IC 95 % : intervalle de confiance à 95 %; RTI : ratio de taux d'incidence.

¹ RTI estimés à l'aide de régression binomiale négative et ajustés pour le jour de la semaine, le mois, l'année, les vacances de la construction, les jours fériés et l'humidité relative.

² Pour les problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur, les RTI pour les régions de l'Estrie, de l'Outaouais et de l'Abitibi-Témiscamingue ont été estimés à l'aide de régressions de Poisson.

³ Pour les problèmes de santé en lien avec une exposition excessive à la chaleur, le RTI a été estimé à l'aide des 15 régions sociosanitaires (sans le Nord du Québec).

ANNEXE 5

Tableau A-6 : Moyenne des comptes journaliers d'accidents de travail et ratio de taux d'incidence associé à une augmentation de 1 °C de la température maximale, par genre d'accidents (toutes les régions sociosanitaires du Québec combinées, mai à septembre 2003 à 2010)

Genre d'accident	Moyenne des comptes journaliers (étendue)	RTI	IC (95 %)
Accident de transport, non précisé	4,8 (0;21)	1,003	0,996-1,010
Chute; glisser, trébucher, perdre l'équilibre sans tomber	47,1 (6;103)	1,003	1,001-1,006
Contact avec des objets ou de l'équipement	93,5 (10;212)	1,004	1,002-1,006
Exposition à des substances ou environnements nocifs	15,3 (2;45)	1,009	1,003-1,015
Effort excessif, mouvement répétitif et réaction du corps ¹	113,2 (17;274)	0,999	0,997-1,001
Autre événement/ exposition et genre inconnu	31,7 (2;76)	1,009	1,003-1,015

IC 95 % : intervalle de confiance à 95 %; RTI : ratio de taux d'incidence.

¹ Les « autres réactions du corps » réfèrent aux réactions autres que glisser ou trébucher sans tomber, imputables à un libre mouvement du corps ayant causé un stress ou une tension à une partie du corps.